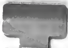
COSTRUZIONE DELL'OROLOGIO SOLARE A TEMPO MEDIO IN PIANO VERTICALE...

Gusmano Coppitz







COSTRUZIONE

DELL'

OROLOGIO SOLARE A TEMPO MEDIO

IN PIANO VERTICALE

PRECEDUTA

DA

BREVI NOTIZIE

INTORNO AL TEMPO VERO O SOLARE – MEDIO O CIVILE
SIDEREO OD ASTRONOMICO

STUDII DELL'INGEGNERE
GUSMANO D.r COPPITZ

Con Tavola incisa





TREVISO
Tipografia di Luigi Priuli
1871

PREFAZIONE

Mi sono accinto a rendere di pubblica regione questo tenue saggio dei miei studii teorici-pratici relativi alla costruzione dell'orologio solare in piano verticale, nell' idea di facilitare l'opera a coloro che per arte attendono costentemente a questo genere di costruzioni, e di porre chiunque abbenchè ignero di certe nozioni, purchè però sappia tenere in mano la riga ed il compasso, sulla via di potersi de per sè fabbricare un' esatto orologio solare.

E tanto più volontieri mi misi all'opera, mentre considerava che nella vita sociale d' oggigiorno, sempre più prende pieda e si diffonde l' uso di orologi meccanici sì pubblici che priveti, guidati sul tempo medio, il solo che possa presentare una garanzia di regolarità perenne, un moto invariabilmente uniforme, ed il solo quindi che sappia corrispondere alle esigenze mul-

tiformi della vita civile, anzichè far servire all' uopo, come ancora si costuma in molte parti d' Italia, gli orologi combinati col moto del sole il quale non è nè regolare nè sempre costante. Fanno in conseguenza ben poco onore al loro orologio certuni i quali, per indicarne l' andamento giusto, asseverano andar esso proprio col sole, non accorgendosi che in realtà esprimono tutt' al contrario, essendo quest' astro un tristissimo regolatore degli orologi.

Egli è per questo che fin da tempi addietro alcuni ingegni preocupati seriamente degli inconvenienti che apporta seco nella vita civile, l' uso abituale del tempo solare a preferenza del medio, si dierono a ricercare i mezzi atti a porvi in qualche modo riparo.

E per primo si presentò il sussidio di una tavola che potesse offrire per ciascun giorno dell' anno la differenza esistente fra questi due tempi così che dato il primo risultasse pur noto anche l' altro.

Questa tavola in fatto fu costrutta. Ma l' uso pratico di essa non potea offrire, come realmente non offre, quella opportunità effettiva nè quelle agevolezze che richiedeasi per questo genere di osservazioni, tanto più inquantochè non potea prestarsi ad ogni classe di persone. Quello che facea d' uopo

veramente si era di un mezzo altrettanto pratico e materiale, come piano e patente, da riuscire facilissimo alla comune intelligenza, e questo si rinvenne col ridurre la linea meridiana dell'orologio, che naturalmente segna il mezzodì a tempo solare, a marcare invece il mezzogiorno a tempo medio descrivendovi all'ingiro una curva speciale, che dalla sua forma e dal suo uso venne appellata la *lemniscata del tempo medio.*

L'orologio solare così modificato si prestava egli è vero a campionare gli oriuoli ed a distinguere il tempo medio, però soltanto per la linea oraria del mezzodì, nel restante continuava ad indicare il tempo vero, cotalchè dir non poteasi per anco d'aver raggiunto perfettamente lo intento.

Colla costruzione che mi farò a descrivere mi lusingo d'aver ottenuto lo scopo che mi avea prefisso, quello cioè di ridurre completamente l'orologio solare a segnare il tempo medio, anzichè il vero, applicando a ciascuna linea oraria la corrispondente lemniscata.

Le difficoltà incorse in tale ricerca consistevano, non tanto nello scoprire un qualsiasi metodo di descrizione che s'adattasse all'uopo, quanto che possibilmente questo, nelle risultanze, mostrasse la maggior possi-

bile esattezza ed insieme una certa facilità di esecuzione.

Due invero sono i metodi che offrirei, l'uno semplicemente grafico e quindi solubile col solo ajuto della riga e del compasso, è suscettivo di una grande giustezza d'indicazioni, sempreché il maneggio di questi due istrumenti venga fatto a dovere; l'altro d'indole grafica e logaritmica insieme nei suoi risultati raggiunge una precisione sommamente maggiore; richiede però nell'operatore una conoscenza algebraica dei logaritmi e del loro uso.

Nel libro si troveranno descritti ambidue; il secondo poi come anche tutte le annotazioni comprendenti formole matematiche verranno contraddistinte con caratteri più minuti.

Nel corso della dimostrazione seguiremo quest'ordine. Innanzi tutto esporremo alcune nozioni astronomiche riflettenti il tempo solare - medio - sidereo, che ne renderanno chiara l'idea; quindi indicheremo le avvertenze da aversi e le operazioni da seguirsi onde predisporre la superficie che deve dar ricetto all'orologio; determineremo in appresso la linea del mezzodì *(meridiana)* e con essa tutte le orarie a tempo vero, quelle cioè che costituiscono l'orologio solare a

tempo vero, e per ultimo lo trasformeremo in orologio a tempo medio col sussidio delle corrispondenti lemniscate.

In qualche parte dell'esposizione mi soffermerò forse in accessori lo svilnppo dei quali apparentemente potrà sembrare snperfluo; si consideri però che nel genere di costruzioni di che ci intratteremo non mai troppe sono le avvertenze da aversi nè troppe le cure dirette ad ottenere nn bnon orologio a tempo medio.

Ciò premesso senz'altri preamboli entro direttamente in materia. —

COSTRUZIONE
DELL'OROLOGIO SOLARE
A TEMPO MEDIO

PARTE PRIMA

NOZIONI
sul tempo siderao od astronomico - vero o solare medio o civile

1. **Notizie preliminari.** Ciascuno probabilmente, nella vita civile, avrà inteso ripetere e ben di frequente le espressioni, tempo solare-medio - sidereo, ma non tutti forse avranno saputo annettere a tali parole l'idea scientifica che realmente esprimono, nè spiegare l'origine loro effettiva.

Scopo nostro nelle pagine che seguono si è quello di rendere manifeste e chiare quelle nozioni che collegansi a codeste espressioni, cercando di spiegare nella miglior guisa possibile quei fatti astronomici da cui dipendono e coi quali hanno stretta relazione.

2. Ed intanto ad ognuno è noto essere la terra, che noi abitiamo, un corpo grandissimo di forma pressochè sferica, una specie di palla sospesa nello spazio, ruotante sopra sè stessa nel

mentre che si trasporta all' ingiro di una massa lucente di forma simile, ma di volume infinitamente maggiore, detta *sole*.

Ciascuno pur anco avrà letto, od almeno udito dire, che la curva percorsa dalla Terra nella sua rivoluzione intorno al Sole, non è già un circolo perfetto di quei che descrive il compasso sulla carta, sibbene una curva particolare, una specie di cerchio schiacciato da due lati opposti che con nome generico vien detta *elisse* e nel nostro caso *eclittica*. Innoltre avrà pure appreso dai libri, che il piano su cui giace codesta elissi non coincide già con quello che puossi immaginar condotto pel centro della terra perpendicolarmente all' asse di rotazione, la cui intersezione colla superficie terrestre denominasi *equatore*, ma all'opposto ne inclina di un angolo di circa 23°-28' che forma quello che si dice *obbliquità dell' eclitica*, e che il sole, questo immenso astro del cielo, non trovasi in posizione centrale nel piano dell' eclitica, sibbene eccentrica, cioè da un lato, in un punto particolare detto *foco*.

3. Dal girar che fa la terra su sè stessa in ventiquattr' ore intorno al suo asse inclinato nel mentre che percorre con velocità quaranta volte maggiore della palla da cannone sortita dal pezzo, e con date leggi, la sua orbita di rivoluzione intorno al sole, e dalla posizione eccentrica di questo in quella, ne dipendono tutti i fenomeni astronomici sia reali che apparenti, quali sono il levare e tramontare diurno del sole e degli astri, il giorno

solare e sidereo, le stagioni, l' anno, la precessione degli equinozi, l' aberrazione della luce ... e tant' altri che inutile sarebbe di qui enumerare, dovendo noi solo intrattenerci del tempo solare e sidereo. —

4. Movimento diurno degli astri. Epperciò se noi in una bella notte d' estate ci portiamo in un' estesa pianura, ed osserviamo quei punti scintillanti che smaltano l'azzurra volta del cielo, i quali con vocabolo particolare si chiamano *stelle*, e stiamo attenti ai loro moti particolari, non terderemo gran fatto d' avvederci esser queste soggette ad un movimento lento, simultaneo, costante, da oriente verso occidente, descrivendo a noi d' intorno delle curve circolari, parallele, ed in modo che prima le vedremo comparire sull'orizzonte a sinistra poscia elevarsi poco a poco su questo piano fino a raggiungere il punto culminante della loro curva, quindi muovere all' ingiù, declinare mano a mano, avvicinarsi all' orizzonte a destra ed infine diventare invisibili, sempre colla stessa invariabile uniformità di movimento e mantenendo sempre fra di loro le medesime distanze rispettive.

Se attendiamo che levi il sole noteremo in esso uno simile ed apparentemente quasi identico movimento; lo vedremo cioè levare all' oriente, elevarsi nella volta celeste, toccare il vertice della curva, discendere e finalmente tramontare all' occidente, alla guisa stessa delle stelle.

Questo moto universale pur ora avvertito negli

astri del firmamento, dagli astronomi vien detto *movimento diurno.* —

5. **Giorno Naturale.** Dall' ispezione che abbiam fatta dell' aspetto e dei moti del cielo nasce spontanea una domanda. E codesto movimento generale ch' io scorgo a me ingiro da qual causa proviene?... E esso veramente una realtà, o soltanto pura illusione?

Tanto il movimento diurno del sole che quello degli astri dipende da un' unica causa, la rotazione della terra sopra sè stessa, e questa fa sì che una metà della sua superficie passa successivamente innanzi alle stelle ed al Sole e da quest' ultimo ne rimane illuminata, mentre l' altra metà resta nell' ombra. Nella prima porzione otteniamo quello che comunemente si dice *giorno* o *giorno naturale*, mentre nell' altra abbiamo l' oscurità o la *notte.* —

6. **Giorno solare e giorno sidereo.** Gli astronomi poi attribuiscono il nome di giorno allo spazio di tempo che corre tra una culminazione o passaggio al *meridiano* *) del centro del sole, all' immediata prossima successiva e tale spazio di tempo lo chiamano *giorno solare*,

*) È la linea immaginaria che divide per metà tutte le curve descritte dagli astri nel loro movimento diurno e corrisponde a quei tali punti del cielo in cui il sole brilla del maggior suo fulgore e segna la metà del giorno, il mezzodì. Siccome poi ciascun punto del globo ha il suo mezzodì particolare, vi sono tanti meridiani quanti punti possiamo contare sulla sua superficie. Il meridiano di un luogo projettato sulla superficie terrestre dà origine al *circolo di longitudine geografica* del luogo stesso.

per distinguerlo dal *giorno sidereo* che rappresenta due immediati consecutivi passaggi di una medesima stella pel meridiano. —

7. Immobilità relativa delle stelle. Dalla distinzione che fanno gli astronomi fra questi due giorni naturalmente desumesi che una differenza vi avrà in essi Ma quale sia codesta differenza!.... L'esame che ora andiamo ad intraprendere ce la dimostrerà.

Siccome il senso della vista, solo, senza essere associato ad alcun rapporto nella nostra mente, è incapace di formare un retto giudicio sulle lontananze rispettive degli oggetti, così noi che contempliamo la volta celeste, ne sembra di veder tutti gli astri ad eguale distanza da noi, essere il firmamento la superficie di una palla vuota della quale occupiamo il centro e le stelle, questi punti brillanti, vagamente incastonate sulla interna superficie di essa quasi come altrettanti globicini lucenti di vetro *(cielo cristallino di Aristotele)*.

Ma in tutto ciò non v'ha che pura illusione. Le stelle sono corpi d'immense mole simili in tutto al nostro sole, ma ad una distanza da esso e da noi infinitamente maggiore di quella che separa la Terra dal Sole. Ed invero mentre quest'ultima distanza in media ascende ad 82 e 1/2 milioni di miglia *) e la luce, che presenta la

*) Miglia geografiche da 60 al grado e da 1852 metri circa ognuna

velocità di 166000 miglia al secondo, non la percorre che in 8 minuti circa, quella della più vicina stella, cioè presumibilmente la 61ma del Cigno, è tale che dietro alcuni calcoli di Bessel non vi vogliono meno di 9 anni di tempo affinchè la sua luce giunga fino alla Terra. Sirio la maggiore e più brillante stella dell' universo apparente dista da noi un 11 anni circa di viaggio continuato della luce e Vega della Lira un 14 anni circa. Il calcolo è di Herschel. Herschel ancora ci fa sapere che la luce delle stelle più lontane che si possono scorgere col suo telescopio di dieci piedi, non deve impiegare meno di *mille anni*, e quelle che si scorgono col telescopio di venti piedi, deve occupare per lo meno 2790 anni, per giungere in sino a noi, e questo è un minimo approssimato. Nè ciò basta; ci sono poi le *nebulose* che ad occhio nudo pajono nel cielo tante nuvolette d' un certo chiarore e che con fortissimi teloscopî si risolvono in un' ammasso di picciole stelle. Queste devono essere sì lontane che la loro luce deve impiegare milioni e milioni di anni per arrivare fino al nostro occhio! . . . .

Dal detto pertanto discende che per quanti movimenti possa fare la nostra terra nello spazio, grazie a così fatte distanze delle stelle, noi non potremo avvertire in esse alcun movimento, effetto del nostro, abbenchè la nostra posizione per rispetto ad esse abbia notevolmente variato, e così senza alcuna tema di errore le potremo considerare perennemente fisse (da cui proviene la

denominazione di *stelle fisse,*) nel cielo al loro posto relativo. —

8. **Moto diurno di retrogradazione del sole.** Similmente però non possiamo dire del sole. La distanza che dal medesimo ne disgiunge è bensì grande ma non infinite. La terra annualmente si sposta nello spazio a lui d'intorno; cangia quindi notevolmente della sua posizione. Innoltre a motivo della situazione eccentrica di quest'astro sul piano dell'eclittica in certe epoche noi ce ne avviciniamo, in certe altre all'opposto ce ne allontaniamo, variando similmente la velocità di traslazione, nella *proporzione inversa del quadrato della distanza,* locchè forma una delle tre celebri leggi scoperte dall'immortale Keplero sulla gravitazione universale.

Conseguirà da ciò che dovremo esser soggetti ad una qualche illusione dei sensi. Infatti alla stessa guisa che quando ci troviamo sopra una vettura o meglio su d'un naviglio in corso ne sembra veder gli oggetti circostenti fuggir lungi da noi, aumentandosi l'apparenza quanto più si aumenta la velocità, così, rimanendo noi insensibili al moto della terra, saremo indotti a giudicare in movimento i corpi che esistono fuori della sua superficie. In questo caso potendosi, per quanto dicemmo, considerare le stelle come relativamente immobili, dovremo vedere il sole projettarsi successivamente frammezzo ad esse con moto eguale contrario e proporzionato a quello della terra. Un paragone materiale ma giusto che

spieghi e convince della realtà di codesto fatto lo si può avere immaginando un osservatore che contempli in una pianura due oggetti, a mo' d'esempio, due alberi situati nella medesima direzione visuale ma l'uno *(sole)* più vicino, l'altro *(stella)* ad una maggiore distanza. S'egli si sposta a destra e gira intorno al primo albero, lo vedrà allontanarsi dall'altro retrocedere del continuo portandosi successivamente nella direzione di tutti i punti dell'orizzonte, finchè compiuto il giro ritornerà come dianzi a sovrapporsi al secondo.

Non altrimenti avviene pel sole.

Infatti se noi oggi immaginiamo di osservarlo al meridiano in contatto con una stella, domani la terra essendosi spostata nello spazio di una certa quantità, variabile secondo il tempo, per un effetto ottico che ora facilmente comprendiamo, lo vedremo non più nella medesima direzione della stella ma a sinistra di questa, quindi giungerà più tardi al meridiano, un secondo giorno il ritardo ed il distacco aumenteranno e così di seguito per tutti i giorni dell'anno, mentre la stella in questo frattempo continuerà il suo movimento diurno, lento e costante, senza alcuna sensibile variazione giacchè la rotazione della terra che ne è la causa si compie sempre allo stesso modo e colla medesima uniformità. —

9. **Tempo sidereo.** Avendo a disposizione un moto sì costante qual'è quello delle stelle alcuno potrebbe chiedere a sè stesso come avviene che non venne prescelto per la misura del

tempo; al che potremo rispondere che appunto in conseguenza di quest' indietreggiamento diurno e continuo del sole il tempo sidereo, benchè il più uniforme, nella vita civile non può prestarsi minimamente. Riprendendo in fatti l'osservazione anteriore in un primo giorno vedremo la stella avanzar il sole di circa 4 minuti di tempo; trascorse oltre 24 ore l'anticipazione avrà aumentato e sarà di 6 minuti poi di 12', 16', 20', ... ed al termine di 183 giorni circa noi colla stella conteressimo mezzanotte mentre il sole è al suo mezzodì; inconveniente questo che viene tolto allorchè si consideri unicamente il tempo vero.

Cionnonpertanto il tempo sidereo viene usato a preferenza dagli astronomi per le sue grande ed invariabile uniformità. —

10. **Tempo solare.** Soffermando ora la nostra attenzione unicamente sul tempo solare dovremo però accorgerci che il ritardo del sole al suo passaggio al meridiano non rimane ognora il medesimo ma varia da un epoca all'altra e può essere al massimo di 4 minuti e 4 secondi *(in Gennajo)* al minimo di 3 minuti e 41 secondi *(in Luglio)* ed in medio di 3 minuti e 56 secondi *(in Aprile ed Ottobre)* di tempo sidereo. Naturalmente ne consegue che le durata del giorno solare non potrà mantenersi costantemente le stesse. Ciò comprenderemo osservando essere il tempo vero legato al moto della Terra nello spazio, moto che non è sempre uguale deppoichè e per la forme peculiare dell'orbita terrestre (2) e per la legge

di Keplero precedentemente menzionate (8) deve aumentare o diminuire in ragione delle distanze minore o maggiore della Terra dal Sole.

Risulta quindi manifesto come in alcuni tempi dell'anno il nostro pianeta deve avvicinarsi a quest'astro e perciò correre con maggiore celerità, in altri allontanarsi e perciò rallentare del suo moto.

L'osservazione infatto ci mostra che al 1.° Gennajo il moto della Terra è il più veloce appunto pel motivo che questo pianeta è più vicino al Sole, ed in tal epoca la velocità di traslazione ascende a circa 1002 miglia al minuto primo; il 1.° Luglio all'opposto essa si muove più lentamente percorrendo sole 969 miglia. Il medio moto succede in Aprile ed Ottobre e la corrispondente velocità è di 985 miglia circa.

Attesa codesta inuguale velocità di traslazione, il ritardo diurno del sole per rispetto alle stelle non potrà dunque conservarsi invariabile, sibbene dovrà mutare proporzionatamente e rendersi ora maggiore ed ora minore. Ecco quindi una prima circostanza influente sulla durata relativa del giorno solare.

11. Ma a questa è d'uopo aggiungerne un'altra, molto meno sensibile della prima è vero, ma che pure alla sua volta fa differenziare ulteriormente il valore dei giorni solari, la cui sorgente dee cercarsi in un secondo movimento del sole, contemporaneo a quello di retrogradazione diurna, e che annualmente lo fa ascendere ed abbassare meridianalmente sul piano dell'orizzonte

L'attenta osservazione infatto ci mostra che dal 22 Decembre al 22 Giugno il sole si eleva continuamente su questo piano, prima con moto lento, poi, intorno al 21 Marzo, più celere, quindi di nuovo minore, finchè al 22 Giugno l'incremento giornaliero si fa appena sensibile avendo l'astro raggiunto la sua massima elevazione.

Dal 21 Giugno al 21 Decembre all'opposto le altezze meridiane del sole decrescono sempre più, l'abbassamento diurno che prima era tenue, meno e meno aumenta, risulta massimo al 21 Settembre poi ridiviene minore fino al 21 Decembre nel qual giorno l'altezza del sole è la minima possibile. Di là riprende il suo movimento ascendente, poi di nuovo discendente e così di seguito indefinitamente.

12. Questo movimento fittizio del sole sulla sfera, celeste il quale si compie in 365 giorni, 5ʰ-45-45", costituenti l'*anno solare o tropico*, dipende esclusivamente dall'obbliquità dell'eclittica per rispetto all'equatore e dal costante parallelismo dell'asse terrestre in tutte le sue posizioni nello spazio.

Per ispiegarlo compiutamente e per darci ragione della corrispondente variazione che induce nella durata relativa del giorno solare, riprendiamo l'esperimento materiale di cui al § 8.

Questa volta però affinchè le circostanze in cui esso si produce possano corrispondere effettivamente a quelle reali della terra, dovremo supporre inclinato all'orizzonte (*equatore*) il piano su cui si muove l'osservatore, conchè anche le circon-

ferenza da esso descritta (*eclittica*) riescirà ugualmente inclinata. Ciò stante egli è evidente che girando questi attorno al primo albero, oltrechè scorgere in esso quel movimento di retrogradazione per rispetto agli oggetti circostanti, già notato in addietro, grazie all' inclinazione del piano lo vedrà pure soggetto ad un altro fittizio e progressivo di elevazione, percorrendo una linea obbliqua all' orizzonte. S' ei però investiga attentamente le circostanze inerenti a cotal moto non le vedrà costantemente le stesse. La visuale diretta ad un punto qualunque dell' albero s' innalzerà sempre, ma, nei primordî, gli incrementi in altezza saranno appena sensibili, poi maggiori, quindi massimi nella porzione mediana del cerchio per ridivenire minori e tenui nella parte bassa. Quivi la visuale avrà assunta la massima elevazione possibile. Continuando il giro, le circostanze parziali del moto succederanno nell'egual maniera ma la visuale s' inclinerà ognor più fino alla parte più alta dove presenterà un' elevazione minima, dopo di che, se il movimento continua nello stesso verso, andrà riprendendo la sua direzione ascendente poi di nuovo discendente e così via via, precisamente nella maniera avvertita nel sole a cui del resto questo moto onninamente corrisponde.

Supponiamo ora di aver oggi osservato il sole sulla linea AB del meridiano (*Fig. I*[a]) in coincidenza con una stella S. Il giorno appresso la stella sarà pure in S mentre il sole, se non vi fosse obbliquità nell' eclittica, se ne sarebbe al-

lontanato (8) dietro la linea SL parallela all' orizzonte e si troverebbe in L. Ma siccome in questo frattempo, conseguentemente all' inclinazione dell'orbita terrestre, si è elevato contemporaneamente di una certa quantità p. e. LO, così non dovrà già aver percorso il lato SL del triangolo SLO, sibbene l'ipotenusa SO e dovrà cercarsi in O. Ora la quantità LO, incremento diurno di elevazione del sole, non è già la stessa in ogni epoca, ma varia continuamente per modo che al 21 Marzo e 21 Settembre risulta massima, minima invece intorno al 22 Decembre e 22 Giugno. Rappresenti $L'O'$ questa minima. E certo che nelle due ultime epoche, dovendo il sole percorrere giornalmente lo spazio SO, che supporremo costante, ed insieme elevarsi della quantità $L'O'$, dovrà seguire la retta SO' e troversi in O'. Ma dalla figura si scorge che il lato SL del primo triangolo è minore di quello SL' del secondo, cioè la distanza del sole dalla stella e quindi il ritardo al suo passaggio pel meridiano AB, in questo caso risulta maggiore, il che in ultima analisi viene a significare che anche per la sola circostanza dell' obbliquità dell' eclittica i giorni solari non potrebbero giammai essere eguali tra di loro.—

13. **Giorno medio.** Questa continua variazione del giorno solare pressochè in tutto il corso dell'anno indusse gli astronomi a prendere come unità di tempo, non già la durata d' un giorno qualunque, sibbene una media tra quelle di un gran numero di giorni. A questa media essi diedero il nome di *giorno solare medio* o

semplicemente *giorno medio*, e per l'opposto applicarono la denominazione di *giorno solare vero* o semplicemente *giorno vero*, all'intervallo di tempo compreso tra due successivi passaggi del centro del sole al meridiano (6).

Questo giorno medio che è una media tra un gran numero di giorni veri, è più lungo del giorno sidereo di 3'-56"-5/10, ed il peri di questo lo si divide in 24 ore, l'ora si suddivide in 60 minuti, ed il minuto in 60 secondi. —

14. Sole medio. Per determinare e misrare il tempo medio gli astronomi immaginano che vicino al sole reale vi sia un sole fittizio regoleto per modo da ovviare alle due cause preindicate portanti la ineguaglianza dei giorni solari, ed in guisa che i suoi ritorni successivi al meridiano misurino esattamente la durata del giorno medio. A questo sole venne dato il nome di *sole medio*, e gli astronomi stessi usano di cominciare il giorno al suo passaggio al meridiano e contano le ore da 0 a 24, da un mezzodì al susseguente mezzodì. —

15. Tempo civile. Per gli usi ordinarii della vita invece, si divida l'intervallo di tempo compreso tra due passaggi al meridiano, in due periodi ciascuno di dodici ore e si fa cominciare il giorno all'istante che sepera il primo dal secondo periodo, vale a dire a *mezzanotte media*. Le ore del primo periodo crescono da mezzanotte a mezzodì, e si dicono *antimeridiane*, la altre procedono da mezzodì a mezzanotte e sono *pomeridiane*. Il tempo così determinato appellasi *tempo medio civile*.

Il tempo civile trovasi compiutamente definito

da quanto abbiam detto. Il sole medio infatti è un punto ideale il cui moto è esattamente determinato, perchè sono conosciute le leggi del movimento della terra, e i cui successivi passaggi al meridiano di un luogo fissano il principio di ogni giorno medio nella stessa guisa che farebbe un astro realmente esistente ed animato da un moto identico a quello di questo punto. —

16. **Equazione del tempo.** Per vedere come si possa regolare un orologio sul tempo medio si rifletta che quando trattasi del tempo vero si fa in guisa che l'orologio segni 0h- 0' - 0" all'istante preciso in cui il centro del sole passa al meridiano; pel tempo medio invece ciò non è fattibile giacchè il sole medio non ha un'esistenza reale nel cielo; si fece ricorso pertanto ad un altro metodo il quale conduce allo stesso scopo senza che vi sia bisogno di osservazione diretta del sole medio; ed ecco in che consiste.

Venne costrutta una tavola la quale offrisse l'intervallo di tempo compreso tra i passaggi del sole medio e del vero al meridiano per tutti i giorni dell'anno. Colla conoscenza di questo intervallo che vien detto *equazione del tempo* ottiensi facilmente l'ora che deve segnare un orologio regolato sul tempo medio all'istante in cui il centro del sole passa pel meridiano.

Il quadro seguente riportato delle *Effemeridi astronomiche* e calcolato per tutti i giorni dell'anno potrà dare un'idea esatta della maniera colla quale varia l'anticipazione od il ritardo del tempo medio sul vero.

che dè l'ora che deve segnare un buoe
allorchè è

Giorni	Gennajo	Febbrajo	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
	ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec
1	12-4- 5	12-14 —	12-12-34	12-3-53	11-56 55	11-57-30
2	4-34	14- 7	12-21	3-35	56-48	57-39
3	5- 1	14-13	12- 9	3-17	56-41	57-49
4	5-29	14-19	11-55	2-59	56-35	57-59
5	5-56	14-24	11-42	2-42	56-30	58- 9
6	6 22	14-28	11-27	2-24	56 25	58 20
7	6 48	14 31	11-13	2- 7	56-21	58-31
8	7-14	14 33	10-58	1-50	56 17	58-42
9	7-39	14 35	10-43	1-33	56-13	58 51
10	8- 3	14-35	10-27	1-16	56-11	59- 5
11	8-27	14-36	10-11	1 —	56- 9	59-17
12	8-50	14-34	9 54	0-44	56- 7	59-29
13	9-12	14 32	9 38	0-28	56- 6	59-42
14	9-34	14 30	9-21	0-13	56- 5	59 54
15	9 55	14-27	9- 3	0- 2	56- 6	12-00- 7
16	10-16	14-23	8-46	11-59-43	56- 6	0-19
17	10-35	14-18	8-28	59 29	56- 7	0-32
18	10-54	14-13	8-10	59-15	56- 9	0-45
19	11-13	14- 7	7 52	59- 1	56-12	0-58
20	11-30	14 —	7-34	58-48	56-14	1-11
21	11-47	13-53	7-16	58 35	56 18	1-24
22	12- 3	13-45	6-58	58-23	56-22	1-37
23	12-18	13-37	6-39	58-11	56-26	1-49
24	12-33	13-28	6-21	58 —	56-22	2- 2
25	12-46	13 18	6- 2	57-49	56 37	2 15
26	12-59	13- 8	5-43	57-39	56-43	2-28
27	13-11	12-57	5-25	57-29	56 50	2-41
28	13-23	12-45	5- 6	57 20	56-57	2-53
29	13-33	12-34	4-48	57-11	57- 7	3- 5
30	13-43	— —	4-30	57- 3	57-13	3-17
31	13-52	— —	4-11	— —	57-21	— —

orologio regolato sul tempo medio
mezzodì vero

Luglio	Agosto	Settemb.	Ottobre	Novemb	Decemb.	Giorni
ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec	ore min sec	
12 3-29	12-5-59	11-59-46	11-49 35	11 43-43	11 49-24	1
3-40	5-55	59-27	49 16	43-43	49-47	2
3 51	5-51	59- 8	48-57	43 43	50 11	3
4 42	5 46	58-48	48 39	43 44	50 35	4
4-13	5-40	58-28	48-21	43-46	51 —	5
4-23	5-34	58- 8	48- 4	43-48	51 26	6
4-33	5-27	57-48	47-47	43 52	51 52	7
4-42	5-19	57-28	47-30	43 56	52-17	8
4-51	5-11	57- 7	47 14	44- 1	52 45	9
5- 0	5- 2	56-47	46 58	44- 7	53-12	10
5- 8	4 53	56-26	46-43	44 14	53 40	11
5-15	4-43	56 5	46-28	44-22	54- 8	12
5-23	4-33	56-44	46 14	44-30	54-37	13
5-29	4-22	55-23	46- 0	44 39	55- 5	14
5-36	4-10	55- 2	45-47	44 50	55 34	15
5-41	3 58	54-40	45 34	45- 1	56- 4	16
5-47	3-46	54-19	45 22	45 13	56 33	17
5-51	3-33	53-58	45 11	45-26	57- 3	18
5-55	3-19	53 57	45- 0	45-39	57-33	19
5-59	3- 5	53-16	44 50	45 54	58- 3	20
6- 2	2-51	53 55	44-40	46- 9	58 33	21
6- 5	2-36	52 34	44-31	46-25	59- 3	22
6- 7	2-21	52 14	44-23	46 42	59 33	23
6- 8	2- 5	51-53	44-16	47- 0	59 57	24
6- 9	1-49	51-33	44- 9	47-18	12 0-33	25
6-10	1-32	51-12	44- 3	47 37	1- 3	26
6- 9	1-15	50-52	43 58	47 57	1-33	27
6- 9	0-58	50-33	43-54	48 18	2 3	28
6- 7	0-41	50-13	43 50	48-39	2-32	29
6- 5	0-23	49-54	43-47	49- 1	3- 1	30
— —	0- 4	— —	43-45	— —	3-59	31

17. L'equazione del tempo è nulla quattro volte all'anno, il 15 *Aprile* - 15 *Giugno* - 31 *Agosto* e 24 *Decembre*. Dal 24 Decembre al 15 Aprile il tempo medio *anticipa* sul vero - dal 15 Aprile al 15 Giugno esso *ritarda* - dal 15 Giugno al 31 Agosto *anticipa di nuovo* ed infine dal 31 Agosto al 24 Decembre trovasi nuovamente in *ritardo*.

La *maggiore differenza* tra il tempo medio ed il vero nel primo di questi quattro periodi, ha luogo l'11 *Febbrajo* e si eleva a 14' - 36"; nel secondo periodo è soltanto di 3 - 55", e corrisponde al 14 *Maggio*; nel terzo periodo ascende a 6' - 10", il 26 *Luglio*, e finalmente nel quarto periodo ammonta a 16' - 17", il 2 *Novembre*.

Confrontando i valori dell'equazione del tempo per due giorni consecutivi trovasi facilmente la differenza che esiste fra la durata del giorno vero e quella del giorno medio da un'epoca all'altra. Al 16 *Settembre* il giorno vero è il più *breve*, il medio lo sorpassa di 22"; il giorno vero il più *lungo* corrisponde al 23 *Decembre* sorpassando il medio di 30'. —

18. **Lemniscata del tempo medio.** Un altro metodo d'un uso molto più agevole del precedente e che non va privo di certa esattezza per la determinazione del tempo medio e vero, consiste nel tracciare sopra un orologio solare a disco forato una linea curva destinata a far conoscere in ogni giorno l'istante del mezzodì medio. Questa linea curva che dalla sua forma e dal suo scopo vien detta *lemniscata* o *meridiana del tempo medio* assomiglia ad un 8 allungato.

Per intendere le genesi immaginiamo che in ogni giorno dell' anno siesi osservato a mezzodì medio la posizione che occupa sull'orologio il piccolo spazio illuminato corrispondente al foro del gnomone per cui passano i raggi del sole e produrre lo spettro sull'orologio stesso e che siasi fatto un segno visibile in ognuno dei punti così ottenuti. Questi diversi punti sono disposti gli uni ad oriente gli altri ad occidente dalla linea del mezzodì, secondochè l'equazione del tempo è in anticipazione od in ritardo (17) sul tempo vero, ed innoltre essi devono troversi necessariemente ad inuguali altezze sull'orologio in conseguenze del cambiamento di altezza meridiane che prova il sole al di sopra dell'orizzonte da un giorno al successivo (11) per effetto del movimento dalla Terra. La meridiana del tempo medio risulta dall' insieme dai punti così ottenuti. Ogni giorno quindi all' istante preciso del mezzodì medio il piccolo spazio illuminato dell' orologio deve trovarsi sulla curva, cosichè osservendo attentamente il tempo in cui questo punto illuminato passa per essa si avrà il mezzodì medio colla stessa facilità colla quale si ottiene il mezzodì vero osservando il momento in cui passa per la linea delle ore dodici. Si va incontro per altro ad un inconveniente che cioè per la forma stessa della meridiana il punto illuminato del gnomone vi passa due volte per giorno E d' uopo pertanto che si possa distinguere quali fra i due tempi determinati dalla lemniscate, vale a dire quello a de-

stro o quello a sinistra, corrisponde veramente all' epoca di cui si tratta. A tale oggetto si scrivono lungo questa linea i nomi dei differenti mesi, e, se è di qualche dimensione, anche i giorni relativi, nel qual caso può servire altresì di calendario perpetuo. La si divide innoltre in quattro parti, corrispondentemente alle quattro stagioni, e per distinguerle si applicano diversi colori; segnasi a mo' d'esempio in *verde* la parte che corrisponde alla primavera, in *rosso* l'altra dell'estate, in *giallo* quella dell' autunno ed in *bianco* quella dell' inverno. Per tal guisa non vi potrà essere confusione, si osserva l' istante in cui il segno luminoso incontra la porzione della meridiana del tempo medio che conviene all'epoca che corre e si ha così l'istante preciso del mezzodì medio.—

19. **Inconveniente del tempo medio.** Nell' uso della vita civile il tempo medio, per la costante sua uniformità, ha il grandissimo pregio di guidare esattamente gli oriuoli meccanici ma ha pure un' inconveniente che non possiamo passar sotto silenzio, quale si è di non regolare giustamente i lavori della giornata. In fatti dal detto antecedentemente si scorge ch' esso non viene a segnare precisamente il mezzo del dì, il mezzogiorno, vale a dire l' egual distanza dal nascere al tramontare del sole; talora esso anticipa, talora ritarda rispetto a quest' istante. Per altro conviene soggiungere che tale anticipazione o ritardo non raggiungendo giammai i 17 minuti primi, è tanto tenue che l' inconve-

niente non ha grande importanza ed è ben lungi dal compensare i vantaggi che presenta l'uso del tempo medio. —

20. **Diffusione nell'uso del tempo medio.** Londra, Amsterdam e Ginevra diedero già da gran tempo l'esempio di orologi pubblici combinati col tempo medio. Parigi le seguì nel 1816 e con essa molte altre città della Francia. Poco appresso Vienna adottò pure lo stesso metodo.

In Italia, Genova fu la prima che ne riconobbe la opportunità e ciò nel 1810. Torino e Milano la imitarono nel 1856, quindi Venezia nel 1858 e Treviso nel 1859.

Nei Paesi Bassi l'uso del tempo medio è famigliare. — Va divenendolo nella Prussia, Russia, Danimarca, ed in quasi tutte pur anco le nostre Città. Speriamo poi che la grande facilità delle comunicazioni ferroviarie e la tanto rapida trasmissione delle notizie a mezzo dei telegrafi elettrici, siano due cagioni che faranno dovunque rinunciare a regolare gli orologi sul tempo vero, giacchè solo coll'adottare il tempo medio, gli orologi delle diverse città se non essere perfettamente d'accordo tra loro almeno presenteranno differenze costanti dovute soltanto alla differenza di longitudine. —

21. **Differenza del tempo fra i varii punti terrestri.** Giacchè ne accadde di accennare a queste diversità d'indicazioni fra gli orologi di diverse città non riuscirà cosa fuor di

proposito nè del tutto priva d'interesse il soffermarci un'istante a riconoscere come possano aver luogo.

Abbiamo veduto (5) che in conseguenza del moto della terra sopra sè stessa, tutti i punti della sua superficie a poco a poco e successivamente vengono illuminati dal sole, producendo così dappertutto l'uniformità del giorno e della notte. Passando il sole pei meridiani di questi punti, il giorno naturale non verrà a cominciare in ogni sito nello stesso istante, e l'essere l'ora solare d'un luogo in avanzo o ritardo per rispetto all'ora solare corrispondente d'altro luogo, da altro non dovrà dipendere se non dai gradi, minuti e secondi di longitudine geografica esistenti fra l'uno e l'altro di detti due luoghi. Infatti impiegando il sole 24 ore per fare apparentemente il suo giro intorno alla terra, cioè a percorrere successivamente i 360 gradi in cui s'immagina diviso l'equatore e quindi per passare pei meridiani o circoli di longitudine ad essi corrispondenti, ne consegue che in un'ora solo esso percorrerà la 24ma parte di 360°, cioè 15°, in un minuto di tempo, la 60ma parte di 15°, cioè 15'; ed in un secondo la 60ma parte di 15', cioè 15".

22. Conoscendosi pertanto le differenza di longitudine di due località date, riescirà facile di vedere quanto tempo impiegherà il sole per passare dal meridiano della prima al meridiano della seconda, locchè equivale a dire, si verrà a conoscere precisamente di quanto dovrà avanzare

o ritarderà il tempo dall' una su quello dell' altra delle stesse due località. A mo' d'esempio, la longitudine di Milano essendo di 6°-51' all' ovest del meridiano di Parigi e quello di Torino di 5°-21, la differenza di 1° - 30' ridotta in tempo sulla base di che dicemmo, esprimerà il *ritardo* (giacchè Torino è all' occidente di Milano) costante che gli orologi di Torino segneranno in confronto a quelli di Milano. Questo ritardo è infatto di 6 minuti. Se noi invece prendiamo Milano a Venezia la longitudine di questa essendo di 9°-59', la differenza di 3°-8' fra le corrispondenti longitudini, ridotta in tempo, darà l' *avanzo* (in questo caso, poichè Venezia è all'oriente di Milano) costante fra gli orologi delle due città. Quest' avanzo è di 12 - 30" circa. —

32. **Tempo medio di Roma.** Le Direzioni delle varie strade ferrate d' Italia, allo scopo di ovviare agli inconvenienti derivanti dalla diversità d' indicazione degli orologi sui differenti punti delle loro linee, diversità che ora si comprendono, stabilirono quale orologio indicatore modello quello della città di Roma, regolato sul tempo medio. Il meridiano di Roma cade quasi precisamente nel mezzo di tutti i meridiani che si possono condurre per le diverse città d' Italia poichè all'incirca di tanto ne è lontana Otranto, la città più ad oriente, quanto Susa la più occidentale. Esso è dunque ottimamente prescelto affinchè la differenza di longitudine in più od in meno, da uno o dall' altro lato del meridiano di

Roma, riesca di poca rilevanza e per conseguenza minime risulti la differenza del tempo. —

24. A maggior illustrazione dell' anzidetto, diemo nella seguente tabella la indicazione delle ore e minuti (dedotta come si disse) che deve segnare un'orologio e tempo medio di una qualunque delle principali città d'Italia, quando l'orologio di Roma segna mezzodì, aggiungendovi pur anco allato i valori delle longitudini e letitudini geografiche ad esse corrispondenti. —

Città	Tempo di Roma	Longitudine	Latitudine	Città	Tempo di Roma	Longitudine	Latitudine
	o m	g m	g m		o m	g m	g m
Albano .	12 1	10 17	41 44	Catania	12 10	12 46	37 28
Adria . .	11 58	9 43	45 3	Catanzaro	12 16	14 15	38 54
Alessandria	11 45	6 16	44 55	Cesena .	11 59	9 54	44 8
Ancona .	12 4	11 10	43 38	Chieti	12 7	11 30	42 21
Aquila .	12 4	11 4	42 21	Civitavecchia	11 57	9 24	42 5
Arcole . .	11 55	8 56	45 21	Como .	11 46	6 45	45 48
Assisi .	12 1	10 14	43 4	Conegliano .	11 59	18 55	39 17
Avellino	12 9	12 28	40 55	Cosenza	12 16	13 55	39 17
Bari	12 17	14 32	41 8	Crema .	11 49	7 21	45 22
Bassano .	11 57	9 24	45 46	Cremona .	11 50	7 41	45 8
Belluno	11 59	9 53	46 8	Faenza .	11 58	9 33	44 17
Bergamo	11 49	7 21	45 42	Ferrara .	11 57	9 16	44 50
Bologna	11 55	9 1	44 30	Firenze .	11 55	8 55	48 47
Brescia	11 51	7 53	45 32	Foggia	12 12	13 12	41 28
Brindisi	12 22	15 37	40 38	Gaeta . .	12 4	11 18	41 15
Cagliari	11 49	6 47	39 13	Genova	11 46	6 34	44 24
Caltanissetta	12 6	11 44	37 38	Girgenti .	12 4	11 14	37 19
Campobasso	12 9	12 19	41 34	Imola	11 57	9 22	44 21
Capua	12 7	11 57	41 5	Lecce	12 23	15 50	40 21
Caserta	12 7	11 50	41 4	Legnago	11 55	8 38	45 11

Città	Tempo di Roma	Longitudine	Latitudine	Città	Tempo di Roma	Longitudine	Latitudine
	o m	g m	g m		o m	g m	m g
Livorno	11 51	7 57	43 33	Reggio (Cal.)	12 13	13 19	38 6
Lodi	11 48	7 10	45 19	Reggio (Em.)	11 53	8 17	44 42
Lucca	11 52	8 10	42 51	Rimini	12 0	10 14	44 5
Mantova	11 53	8 28	45 10	Roma	12 0	10 8	41 54
Marsala	12 0	10 5	37 48	Rovigo	11 57	9 27	45 4
Messina	12 12	13 14	38 11	Salerno	12 9	12 25	40 40
Mestre	11 59	9 50	45 28	Savona	11 44	6 10	44 17
Milano	11 47	6 51	45 29	Siena	11 50	9 0	43 19
Modena	11 54	8 35	44 39	Sinigaglia	12 3	10 53	43 43
Monza	11 47	6 50	48 35	Siracusa	12 11	12 57	37 3
Napoli	12 7	11 15	40 52	Spezia	11 50	7 32	44 4
Nizza	11 39	4 56	43 42	Spoleto	12 0	10 15	42 45
Novara	11 45	6 17	45 27	Susa	11 38	4 23	44 34
Otranto	12 24	16 10	48 9	Taranto	12 19	16 15	40 28
Padova	11 58	9 32	45 24	Teramo	12 5	11 22	42 38
Palermo	12 4	11 1	38 7	Terni	12 1	10 12	42 21
Palmanova	12 3	9 58	45 54	Terracina	12 3	10 52	41 18
Parma	11 52	8 0	44 48	Torino	11 41	5 21	45 4
Pavia	11 47	6 49	45 11	Trapani	12 0	10 7	38 3
Perugia	12 0	10 2	43 7	Treviso	11 59	9 54	45 40
Pesaro	12 2	10 34	13 54	Udine	12 3	10 54	46 4
Peschiera	11 53	8 21	45 26	Velletri	12 1	10 17	40 50
Piacenza	11 49	7 21	45 3	Venezia	12 00	9 59	45 26
Pisa	11 52	8 3	43 43	Vercelli	11 44	6 3	45 10
Pistoja	11 54	8 35	43 54	Verona	11 54	8 39	45 26
Pordenone	12 1	10 18	45 57	Vicenza	11 56	9 13	45 34
Ravenna	11 59	9 52	44 25	Viterbo	11 58	8 53	42 11

Da questa tavola si rileva a mo' d'esempio che quando a Roma è mezzodì, a Firenze vi mancano cinque minuti; questa ancora sarà la differenza che passerà fra gli orologi della Città e quello della stazione, ma essendo costante, con molta facilità se ne potrà tener conto ed ovviare

agli inconvenienti che ne potrebbero altrimenti succedere. —

25. **Cenni storici sul giorno.** Chiuderemo questa prima parte con alcuni cenni illustrativi sulla maniera che usavano od usano tuttora alcuni popoli a contare il giorno.

I Babilonesi, i Persi, i Siri antichi ed i Greci moderni, incominciano il giorno collo spuntar del sole; gli Ebrei, i Germani, i Galli e gli Ateniesi, col tramontare; gli Egizî ed i Romani, dopo mezzanotte e così pure le maggior parte delle nazioni colte. Gli Ebrei ed i Romani divisero il giorno naturale in quattro parti, la *prima*, al nascere del dì, la *terza*, tre ore più tardi, la *sesta*, a mezzogiorno e la *nona* tre ore prima del tramonto. Per tal guisa il giorno veniva diviso in dodici ore le quali però non poteano esser sempre uguali perchè regolate sulla maggiore o minore presenza del sole sull'orizzonte nelle varie stagioni.

26. In une parte d'Italia, specialmente tra la gente rozza avvinta per abitudine e per tradizione ad antiche usanze, costumasi di contare di seguito le ventiquattr'ore del giorno a guisa degli Ebrei ed Ateniesi antichi, dal tramontar del sole al prossimo successivo. Tal numerazione vien detta *all'italiana* perchè specialmente, or è molto tempo eddietro, fra noi era d'un uso comune. L'altra poi da una mezzanotte alla successiva divisa in due volte dodici ore, vien denominata *alla francese*, e perchè più comoda venne definitivamente adottata da quasi tutti i popoli civili del mondo. —

PARTE SECONDA

COSTRUZIONE

dell'orologio solare e tempo medio in pieno verticale

CAPITOLO PRIMO

CENNI STORICI INTORNO AGLI OROLOGI SOLARI NOZIONI, AVVERTENZE ED OPERAZIONI PRATICHE PER LA PERFETTA LORO RIUSCITA

27. **Cenni storici.** Antichissimo è l'uso dell'*orologio solare* o *meridiana* per riconoscere il tempo mercè l'ombra projettata da un'asticelle in metallo sopra un qualunque piano esposto al sole. La scrittura ne fa menzione nella storia di Ezechie, e le storie cinesi lo mostrano adoperato nelle osservazioni celesti.

Da alcuni si vuole importato dalla Caldea in Europa e precisamente nella Grecia, fino dalla 50ma olimpiade, vale a dire intorno el 580 av. Cristo. Infatti Erodoto, scrittore greco, nei suoi libri fa primo menzione delle dodici parti del giorno e dell'indice dell'ombra. Altri con Plinio ascrivono ad Anassimene di Mileto, discepolo di Anassimandro, l'invenzione di questi semplici istrumenti. Quelli magnetici portatili furono scoperti soltanto nel X° secolo per opera del famoso

papa Silvestro. Molto tempo appresso chi scrisse il primo un metodo ragionato sulla loro costruzione si fu certo Sebastiano Münster di Ingelheim, nato nel 1489. In tempi a noi più recenti vennero sottoposti ad alcune felici ed utili innovazioni, quali sarebbero l'apparato azimuttale del Lambert, l'equinoziale dell' Han e quello ruotante dell' ingegnoso Saulcy. —

28. **Nozioni preliminari.** L'arte di costruire gli orologi solari chiamasi *gnomonica.* Essa definisce lo strumento, una spranghetta diritta di metallo o stilo, piantato perpendicolarmente ad una superficie qualunque e che esposto al sole vi produce ombra. —

29. Più comunemente l'ombra dello stilo ricevesi sopra una superficie piana e verticale, vale a dire sulla faccia di un muro esposto in modo da esserne più o meno illuminato nel corso del dì. Su questa faccia si tracciano delle rette dette *linee orarie*, in guisa che quando l'ombra la tocca segnano l'ora corrispondente. —

30. Oltrechè sulla faccia verticale di un muro si può costruire l'orologio solare su qualunque altra superficie, sia orizzontale che inclinata od obbliqua ed anche sopra una superficie curva di qualsivoglia forma ed in qualsiasi direzione, sola condizione cui deve soddisfare essendo quella di ricevere i raggi solari durante una parte del giorno.

Rimandiamo ai trattati speciali di gnomonica coloro che desiderassero maggiori illustrazioni intorno a questi ultimi orologi; noi qui ci occu-

peremo soltanto di quelli in piano verticale, come i più diffusi e di una maggiore opportunità pratica.

31. L'orologio solare in piano verticale viene per l'ordinario delineato, o *sull' intonaco che ricopre la faccia di un muro*, o *sopra la superficie piana e tersa di una lastra di marmo* in esso innicchiatavi.

Colle seguenti notizie ci intratteremo diffusamente delle avvertenze ed operazioni pratiche necessarie a sapersi onde predisporre la superficie al nuovo suo scopo. —

32. **Avvertenze ed operazioni pratiche.** Anzitutto egli è d'uopo d'assicurarsi se la superficie verticale su cui si intende di tracciare l'orologio, abbia prolungata ed ininterrotta esposizione al sole tutto lungo il corso della giornata. Inoltre si avrà cura di osservare se la direzione ne sia veramente verticale ed offra un piano regolare o geometrico. Per la prima condizione serve il *piombino* o *filo a piombo* posto daccanto alla superficie, per la seconda usераsi d'una riga diritta, detta dai pratici il *passo*, adagiandola su di essa in differenti posizioni, osservando se combacia perfettamente in tutte le sue parti.

33. Generalmente affinchè le tinte usuali che si applicano all'orologio fabbricato su cemento offrano una guarentigia di diuturnità, si pratica di dipingerlo con quel metodo speciale di pittura che vien chiamato ad *a-fresco*, ed in tal caso ancorchè la superficie prestabilita declini un po' dalla verticale o non soddisfi interamente ad una

certa regolarità esterna d'aspetto, avendosi già a demolire l'intonaco vecchio per ripristinarlo con altro di recente, si usa d'incavarlo nel muro per una profondità dai 3 ai 4 centimetri, regolandone poi opportunamente l'interno in guisa da ottenere il desiderato effetto.

Questo è il mezzo migliore, anche per riparare l'orologio dalle pioggie. —

34. Sul riquadro così ottenuto si passa a distendere e nuovo l'intonaco che ricopre le parti circostanti di muro. Affinchè poi questa delicata operazione sorta esito felice, la pratica riconobbe potentemente doversi usare per essa del metodo seguente.

Gli strati di cemento successivamente da applicarsi saranno tre. Il primo potrà costituirsi tanto adoperando i comuni ingredienti della malta, calce e sabbia, come anche sostituendo questa con le tegole finamente pesta. Quest'ultimo mezzo è da preferirsi dappoichè l'impasto che se ne ottiene riesce idrofugo. In ambidue i casi il cemento dovrà essere magro, onde ovviare così alle possibili fenditure cui potrebbe andar soggetto dopo disteso.

Il secondo strato sopra il primo sarà di malta ordinaria applicata con diligenza, e nella maniera seguente.

In aderenza ai lati verticali del riquadro, si stendono due liste di cemento della larghezza di un 10 a 12 centimetri, perfettamente verticali ed esistenti ambidue in uno stesso piano, condizioni

queste che ben facilmente si soddisfano coll'ajuto opportuno del piombino e passo. Tirate a perfezione, lisciate col *frattaccio* o *frattone*, pezzo piano di tavola fornito di manico, si passa a distendere l'intonaco nella restante parte, prima irregolarmente, poi con maggior precisione, soffregandolo ben bene col passo tenuto orizzontale e premuto contro le due guide laterali d'intonaco, affine di staccarne le porzioni superfine, quindi col frattone, spruzzando previamente d'acqua la superficie e poscia maneggiandovi sopra leggermente ed in tutti i sensi l'istrumento, ripetendo a più riprese l'operazione fino a ridur quella poco a poco, morbida, liscia e regolare.

Superiormente al secondo strato d'intonaco, all'atto della coloritura, volendola come si disse ad *a-fresco*, andrà applicata l'ultima mano di cemento. Tuttavolta in precedenza, affinchè le operazioni di che diremo offrano esatte risultanze, sarà cosa opportuna lo stendere sul riquadro le due solite liste d'intonaco ai lati, ed altra frammezzo nel sito dove andrà infitto lo stilo, larga almeno il triplo e lunga la metà di quelle, regolarizzandole poscia tutte insieme col piombino, passo e frattone. —

35. Il fin qui detto vale pegli orologi solari da costruirsi direttamente sulla fronte del muro. Altrimenti però si dovrà procedere per quelli da incidersi su lastra di marmo.

Epperò prima d'ogni altra cosa si farà scelta della pietra occorrente. Sia dessa possibilmente

di grana uguale e fina, bianca, senza macchie o venature, stagionata, suscettiva di bel pulimento e grossa almeno un *dieci* centimetri.

Per fissarla nel muro, s' incaverà questo per una profondità un po' maggiore della grossezza della pietra. Importerà inoltre di disporre al basso ed ai lati della porzione incavata, alcuni e speciali fermi in ferro che la trattengano solidamente allorchè verrà posata in opera a posticcio per assegnarvi sopra la posizione della *meridiana*, di quella linea cioè su cui deve cadere l'ombra dello stilo al mezzodì, e che in pari tempo possibile e facile ne risulti in appresso la remozione per dar luogo alle ulteriori grafiche descrizioni come diremo.

A tale effetto questi fermi sono conformati a guisa di un ⌊ rovescio, in cui la porzione orizzontale è capace di un dolce movimento circolare, intorno alla parte che va profondata nel muro. Da tale struttura dei fermi si scorge di leggieri che basterà far girare la loro parte mobile di un quarto di rivoluzione, perchè possibile riesca lo allontanamento della pietra dal muro e la riposizione esatta al suo sito primitivo. —

36. **Dimensioni.** Diciamo qualche cosa delle dimensioni relative che dovranno avere le varie parti dell' orologio. A dir vero questa pratica assegnazione non è soggetta ad alcuna regola fissa, dipendendo essa dalla maggiore o minore esattezza d' indicazioni che vuolsi da quello ottenere, dall' ampiezza disponibile di muro su

cui si traccia, ed infine dall' elevazione del suo centro dall' occhio dell' osservatore. Non potremo quindi offrire dei termini perfettamente stabiliti, ma soltanto dei dati relativi e di proporzione a cui si potranno riferire quelle qualsiasi dimensioni che verranno prescelte. L' esperienza pertanto dimostra soddisfare assai bene al loro ufficio quegli orologi nei quali le dimensioni di larghezza ed altezza, altezza e situazione dello stilo, presa quest'ultima a partire dal lembo superiore dell' orologio, stanno nel rapporto dei numeri 2,40: 1,40: 0,28: 0,30, avvertendo per altro che queste ultime due misure convengono soltanto per latitudini non troppo discoste dai 45 gradi.

In quanto alla situazione dello stilo per rispetto ai lati verticali del riquadro, si otterrà facilmente dividendo a metà lo spazio da essi compreso. —

37. **Indici.** Oltrechè alle dimensioni dell'orologio, è duopo ancora aver riguardo a quella parte del medesimo cui è affidata l' indicazione delle ore, vale a dire allo *stilo, indice o gnomone*. Di questi se ne danno di varie sorta. Il più semplice stilo che si possa immaginare altro non è che un' asticella di ferro cilindrica, diritta, terminata a punta un po' ottusa, che si fissa perpendicolarmente al piano del muro con gesso da presa e calce. Questo semplice istrumento viene ordinariamente adottato soltanto per orologi di tenui dimensioni, ed in tal caso soddisfa bastantemente al bisogno. Per quelli però di notevole

ampiazza a d' una carta importanza, non ammatterei cha dua sola apecie di indici a cioè· I° *quelli le cui indicazioni devono essere scorte anche da lungi* — II° *gli altri che dovranno servire per orologi di squisita esattezza.* —

38. **Prima specie.** La prima specia è mostrata dalla *figura* 2ª; *amn* è un triangolo rettangolo di lamiarino di farro spalmato di varnica ad olio, nara o rossa, un lato *an* dal quale cba andrà inîtto nal muro fino alla linea *MN*, è formato di un' asticella di ferro cilindrica del diametro di *otto* millimitri circa, terminata a punta accantrica o tirata da un lato come dalla figura. L' altro lato *mn* o meglio *bc*, il cui estremo *b* dovrà coincidera col centro dall' orologio, (58) si datermina in relaziona all' altezza dello stilo, alla latitudina del luogo ed alla *declinazione del muro*, vala a dire alla sua orientazione per rispetto al meridiano locale, come si dirà in appresso. A maggior robustamento del sistema dopo confitto, aerva un' appendice *S* fissata al lato *mn* del triangolo —

39. Dalla pur mo descritta struttura e dalla disposizione di quest' indice sul piano del muro, na discendono alcune apeciali e rimarchavoli proprietà ad asso insite cha ora andiamo ad accennare

Ed infatti l' ombra angolara dallo stilo, cha come ban a' intenda riesca molto ampia, serve mirabilmante a farla distinguere anco da lungi. Innoltre dappoichè l'estremità *b* di asso dava pas-

sere pel centro dell' orologio, e da questo vedremo staccarsi le varie linee orarie che lo costituiscono, (58) l' ombre dell' ipotenusa *ab* deve necessariamente e successivamente coincidere colla direzione di ciascuna di quelle. Una terza interessante prerogative di tal indice si è di ovviare in certo quel modo alle penombre che si origine all' estremità dell' ombre negli ordinarii stili. Infatti l' occhio seguendo naturalmente la direzione convergente delle due rette che limiteno l' ombre, è indotto da sè solo e quasi involontariamente a riconoscere il punto del loro effettivo incrocio, quel punto cioè corrispondente all' estremità dello stilo dal quale esclusivamente dipendono le indicazioni dell' orologio a tempo medio. Da tutto ciò emerge evidente l' opportunità pratica di codesto istrumento.

40. **Altezza dello stilo** noi diciamo alla perpendicolare abbassata dall' estremo dell' indice sul piano dell' orologio. Nel caso presente dovendo esser lo stilo fissato normalmente alla superficie, la sua altezza viene rappresentata delle corrispondente lunghezza dell' asticella *ac*, dal muro all' estremità della punta. Il piede di questa perpendicolare, che noi più brevemente chiameremo *piede di altezza*, si trova nel perimetro interno dell' asticella al suo incontro col muro, in un punto prossimo al lato *ac* del triangolo. —

41. **Seconda specie.** Per ottenere risultati d' una massima esattezza e precisione, servono onninamente gli indici della seconda specie, che

con nome particolare vengono appellati *gnomoni a disco forato*. Il gnomone in sè stesso non è altro che un disco di ferro *A* (*Fig.* 3ª) leggermente convesso e munito al centro di sottile foro *a*, pel quale passando la luce solare va a produrre inferiormente un piccolo punto illuminato *a'* quasi del tutto privo di penombra. Questo disco vien portato da uno a tal fiata, quando la dimensioni ne sono notevoli, da tre piedi disposti e fissati opportunamente nel muro, ed il suo piano, come si scorga dalla figura, si fa inclinare di una certa quantità. Ordinariamente all'angolo *nOs* si assegna un valore eguale alla latitudine geografica dal sito.

42. Par determinare l'altezza del gnomone vale a dire la perpendicolare *az*, si ricorre ordinariamente al metodo che segue. All'apertura *a* del disco si adatta esattamente un piccolo turacciolo di sughero, forato sottilmente al suo centro. Per questo si fa passare e si fissa l'estremità di un filo di seta o meglio di ferro *ar*, fornito all'altra estremità di una punta di matita colla quale scorrendo leggermente sul piano *MN*, tenendo il filo sempre teso nell'ugual maniera, si descrive un circolo perfetto. Il piede d'altezza è dato dal centro di questo cerchio. Per rintracciarlo, presi sulla circonferenza tre o più punti *s-t-u*, uniti a due a due con rette e dalle loro metà elevate delle perpendicolari, queste si dovranno incontrare in un solo punto *z*, il quale rappresenterà il centro richiesto. L'altezza del gnomone avrassi mieu-

rando la retta *az*, poichè dalla costruzione potremo facilmente dimostrare dover essa riuscir normale al piano *MN*. —

43. Fissata l'altezza che deve avere lo stilo triangolare in conformità al § 36, innanzi di porlo affettivamente in opera sarà d'uopo di praticare in via di prova un'esperimento, ad oggetto di riconoscere almeno approssimativamente la posizione del centro dell'orologio (58) per quindi determinare la lunghezza e direzione del lato *bc* (*Fig.* 2ª) che ad esso stilo dovrà convenire.

A tal'uopo può servire il metodo *primo* che si espone al § 51 pel tracciamento esatto della linea meridiana, tanto più che in allora potrà prestarsi allo stesso intento. Però come più spicciativo potremo eziandio valersi del mezzo seguente.

Presa un'asticella di ferro diritta e terminata a punta, la si pianta o direttamente sul piano dell'orologio oppure nelle parti circostanti, (supposto sempre che queste si trovino in identiche condizioni) per modo da riuscire normale alla superficie e di misurarla quanto più si possa la lunghezza prestabilita dello stilo o gnomone. Muniti in appresso di un buon orologio, si opera giusta il metodo *secondo* al § 53, conchè otterrasi la corrispondente direzione della meridiana.

Ciò fatto, sopra un pezzo di carta si costruisce in iscala naturale la *Fig.* 4ª, ove *O-XII* indica la meridiana, *a* il piede d'altezza, *aC* la lunghezza dell'asticella distante perpendicolarmente dalla

O-XII delle declinazione *ab* riscontrata nel muro. Congiunto *b* con *C*, trasportata la retta *bC* da *b* in *d*, costrutto in *d* un angolo *bdO* eguale alla latitudine del luogo, si avrà in *O* la posizione del centro ricercato. Noto questo, la lunghezza del lato *bc* (*Fig. 2ª*) dell'indice triangolare si ottiene misurando la retta *aO*, e per averne la direzione sul pieno dell'orologio, basterà costruirvi sopra in iscala esatta il triangolo *abO* nel giusto sito che verrà occupato dello stilo, ponendo il lato *bO* verticale. —

44. Senza ricorrere alla descrizione di cui sopra, dette α la latitudine del paese - *r* le declinazione osservata del muro ed *h* l'altezza *aC* dell' asticella, la lunghezza *x* del lato *aO* viene somministrata dalla formole:

$$x = \sqrt{\{\text{tang.}^2 \alpha (r^2 + h^2) + r^2\}}$$

la quale coll' uso dei logaritmi si trasforma in:

$$\log. x = \tfrac{1}{2} \log. \{\text{tang.}^2 \alpha (r^2 + h^2) + r^2\}$$

45. **Disposizione in opera dell'indice triangolare e del gnomone.** Preparato l'indice triangolare e fissatane la posizione sulla superficie, si tratta di disporlo saldamente in opera. A tal fine s'incolla in *c* (*Fig. 2ª*) sull'asticella *an*, una listerella di carta previamente divisa in centimetri e millimetri con numeri indicanti la lunghezza *ac* effettive che vuolsi dare allo stilo, cosa che otterremo facilmente dopo alcune prove. Poscia inciso il muro dietro la linea

aO (*Fig.* 4ª) si ricavano in questa due fori, l'uno nel punto *a* per ricevere il piede dell'asticella *an* (*Fig.* 2ª) l'altro in corrispondenza all'appendice *S*. Quindi stemprato del gesso da presa in sufficiente quantità d'acqua, si riempiono con esso li vani formati e per entro cacciando rapidamente le rispettive appendici dell'indice, si ferma questo alle volute altezza e posizione, servendosi all'uopo delle listerelle di carta anteriormente divise e di una squadra di legno perfettamente campionata, disposta all'ingiro all'uopo di riconoscerne la perpendicolarità.

Di questo accertati si comprime il gesso nei fori e per un certo tempo si tiene obbligato l'indice, acciocchè il cemento abbia campo di assodarsi, dopo di che lo si abbandona a sè stesso senza alcuna tema, mentre detto cemento asciuttandosi si dilata, e tien fisso irremovibilmente lo stilo nella posizione prestabilita. —

46. Pel gnomone a disco forato serve un metodo consimile, vale a dire dopo aver segnato sull'orologio il piede d'altezza, si conduce per questo una verticale *Oz'* (*Fig.* 3ª) a mezzo del piombino, e lunghessa si va cercando un punto tale *F* dove formato il foro del supporto in ferro, la normale abbassata dal centro del disco incontri il piano precisamente nel piede d'altezza già fissato. A questo effetto si fa uso di una squadra di legno disposta in guisa, che mentre uno dei suoi lati appoggi sulla superficie girando attorno al piede d'altezza *z*, l'altro passi costantemente pel

centro *a* del disco. Trovato che sia si opera col gesso nella maniera preindicata.

Si noti però che tale operazione non ha altro ufficio che quello di disporre il gnomone presso a poco nella posizione dovuta (36), però dopo eseguitane l'infissione e ricercare esattamente il vero piede d'altezza tornerà opportuna l'operazione citata al § 42. —

47. **Istrumento particolare.** Adattata così la superficie e piantato l'indice o gnomone, si passa per ultimo a prepararsi un istrumento particolare che in seguito ci diverrà di sommo ajuto pell'esatto tracciamento dell'orologio.

Sopra un gran foglio di carta leggiera di cotone si descrive col compasso un semicerchio perfetto *(Fig. 5ª)* del raggio almeno di M.[1] 0,50. Non avendo il compasso delle dimensioni sufficienti, servirà a rimpiazzarlo una semplice stacca di legno fornita di due forellini distanti fra di loro precisamente della lunghezza di detto raggio. In uno di questi forellini verrà infilzata una spilla di acciajo che poi si fisserà nella carta, e introdotte nell'altro una punta di matita, con essa leggermente si scorrerà sul foglio, conchè otterrassi la curva desiderata.

Descritto il semicerchio, verrà esattamente dimezzato in *A* così da ottenere due quadranti perfettamente conformi. Quello a destra si suddividerà in 24 porzioni eguali ed innoltre su di esso, come dimostra la figura, verrà pure ricevuto l'angolo *EPC* di latitudine del luogo, il quale già si suppone di conoscere.

Per reggiungere epicciatamente quest'ultimo intento, osservisi che ognuna delle 24me parti di *AC* importa $\frac{90^\circ}{24} = 3^\circ\text{-}45'$, od in intieri e frezioni decimeli 3,75.

Così deto l'angolo di letitudine, per fissere sul quadrente il punto *E*, non avremo che a dividerne il velore, ridotto del pari in intieri e decimi, per 3,75. Il quoziente indicherà il numero delle 24me perti a comincıere de *C* o da *A* comprese nel deto angolo.

Così nell'esempio portato dalla figura, dividendo 45°- 40' ossia 45,667, che si suppone le latitudine locale, per 3,75, ottiensi 12 1/6 circa, locchè vuol dire che il punto *E* diste da *A* o de *C*, ed in questo ceso da *C*, di 12 parti ed 1/8, come infatti si potrà capacitarsi osservendo il disegno.

Con regole simile costruiremo sul quedrente e sinistra un angolo *APD* di 46°- 56', che elle sue volte verrà diviso prime e metà, e successivemente a principiere da *D* nei seguenti engoli

1°	segolo di	3°- 32'	suddiviso	in due	porzioni	eguali
2°	»	8 - 19	»	tre	»	
3°	»	10 - 37	»	tre	»	
4°	»	9 - 9	»	tre	»	
5°	»	2 - 51	»	—	»	
6°	»	8 - 20	»	tre	»	
7°	»	3 - 8	»	due	»	

La somme di queste quentità deve comporre, come compone, il totale di 46°- 56' che è il *doppio dell' angolo d' obbliquità* nell' eclittica

Sullo stesso quadrante vediamo per ultimo condotta la retta *PM*. Essa risulta normale alla linea *P*-3 dimezzante l'angolo doppio di obbliquità, e vedremo in appresso a quale uso si presti.

48. Altro metodo che potrebbe chiamarsi dei coefficienti *moltiplicatori* per assegnare con somma precisione i punti 1. 2. 3.... di detti angoli si è il seguente.

Si misuri accuratamente la lunghezza del raggio *PA* e la si moltiplichi successivamente pelle frazioni di cui sotto, conchè otterrassi l'espressione delle corde corrispondenti a quegli angoli, e cioè:

il prod. del rag. per	0,79643	offrirà la corda dell'arco	*A*-*D*
»	0,40671	»	*A*-3
»	0,06166	»	0-1
»	0,16244	»	1-2
»	0,18503	»	2-3
»	0,15952	»	3-4
»	0,04973	»	4-5
»	0,14532	»	5-6
»	0,05468	»	6-7

I valori risultanti presi col compasso sul metro si riporteranno l'uno dietro l'altro sulla circonferenza *AD*, da *D* fino a coincidere col punto *A*.

Come ulteriore applicazione di questo stesso metodo diremo infine, che per agevolare la divisione dell'arco *AC* nelle 24 parti in cui si divide non avremo che a moltiplicare il valore del raggio *PA* pel coeficiente costante:

0,06544

e trasportare di seguito e ripetutamente, sulla circonferenza *AC*, la misura del prodotto ottenuto dal punto *C* al punto *A*. —

49. Approntati i due quadranti del semicerchio nel modo dianzi esposto, si ritagliano dal foglio ove sono costrutti e si *oliano* completamente, onde ridurli trasparenti e perciò di facile maneggio nelle importanti costruzioni che più innanzi additteremo. —

CAPITOLO SECONDO

TRACCIAMENTO DELL' OROLOGIO SOLARE A TEMPO VERO

50. **Determinazione della meridiana.** Abbiamo già veduto (35) essere la *meridiana* di un orologio quella linea sulla quale cade l'estremità dell' ombra dell' indice, od il punto illuminato del gnomone, allorchè il sole si trova al suo mezzodì, ossia al *meridiano celeste*.

In via più generale potrebbesi eziandio definirla, come l'intersezione del piano del meridiano celeste passante pell'estremo dello stilo, colla superficie dell' orologio.

All' effettivo suo tracciamento si possono impiegare parecchi metodi. Noi qui ne citeremo tra dei più usitati. —

51. **Metodo primo.** *Coll'uso dei circoli concentrici in piano orizzontale.* Sopra una tavola di legno fissata saldamente in terra, esposta al sole, piana ed orizzontale, (condizioni le due ultime che si accertano coll' ajuto del *passo* e di una *livelletta*, ed in mancanza di questa, con un

po' d'acqua versatavi sopra osservando se si e-stende in tondo senza colare da una o dall'altra banda), si descrivono alcuni circoli concentrici, e nel loro centro comune si erge un'asticella appuntita di metallo di conveniente lunghezza. Nel corso della giornata si osservano e segnano su questi circoli i punti di passaggio dell'estremo d'ombra, da una parte e l'altra dello stilo. Per ciascuna copia di detti punti, esistenti sopra uno stesso circolo, fatte passare tante rette e condotta quella che tutte la dimezza, che se l'operazione fu fatta a dovere deve passare eziandio pel piede d'altezza dell'asticella, quest'ultima retta rappresenterà la direzione della meridiana in piano orizzontale.

Per tradurla verticalmente si attende il giorno appresso che l'ombra della spranghetta coincida perfettamente colla linea dianzi condotta e giunto quest'istante si segna sull'orologio l'estremo d'ombra dell'indice, od il punto illuminato del gnomone. Per tal punto fatta passare in seguito una verticale col piombino, avremo la meridiana richiesta. —

52. Data la possibilità di poter disporre la tavola con uno dei suoi lati in aderenza alla fronte dell'orologio, condotta orizzontalmente la meridiana, potremo senz'altro trasportarla in piano verticale ricorrendo alla costruzione indicata dalla *Fig.* 6ª. In questa MN è la superficie ed a l'indice dell'orologio, B la tavola e b lo stilo corrispondente.

Pel piede C mediante squadra condotta la

OP normale al piano *MN*, misurata su questa una lunghezza *O'm* eguale a quella effettiva dell' indice *a*, si eleva da *m* una perpendicolare *mn*, fino ad incontrare in *n* la linea *O-XII*. La lunghezza *mn* risultante tradotta orizzontalmente a sinistra od a destra dello stilo *a*, a seconda della declinazione del muro, e pell' estremo *n'* fatta passare una verticale *O-XII*, questa designerà la retta ricercata. —

53. **Metodo secondo.** *Coll'ajuto di un buon orologio a tempo medio.* Si osserva l'equazione del tempo per l' epoca in cui si esperisce ricorrendo alla tavola a pag. 24, poscia coll' orologio o cronometro alla mano si attende l' ora da quella fissata e nel medesimo istante si marca l'estremo d'ombra dello stilo. Per tal punto fatta passare la solita verticale, avremo la direzione della meridiana.

Questo metodo è spicciativo e, se l' orologio segna giustamente il tempo medio, sommamente esatto. Così possibilmente, sarà da preferirsi a qualunque altro. —

54. **Metodo terzo.** *Coll'uso dei circoli concentrici in piano verticale.* Questo presenta una certa analogia col *primo*. Preso come centro il piede d' altezza *B* (*Fig.* 7ª) si descrivono sul piano dell'orologio alcuni circoli concentrici, quali *ab*, *a'b'*, *a"b"*.... di differente raggio. Su questi si notano successivamente i punti *a*, *a'*, *a"*.... *b*, *b'*, *b"*.... di passaggio dell'estremo d' ombra, da una e dell'altra parte di *B*. Si dividano a metà le porzioni *ab*, *ab'*, *ab."*... di detti circoli, in

m, m, m''.... si conduca la retta mm''' che unisce i punti di divisione, che se l'operazione fu eseguita bene deve passare anco per B. Tirata poscia la BL verticale di lunghezza qualunque, e tanto maggiore tanto più opportuna, e la LM ad essa normale, si misuri questa esattamente. La declinazione $AB = x$ cercata del muro, detta α la latitudine del luogo, h la distanza BL, r la LM e k l'altezza dello stilo, si avrà dalla formola:

$$x = \frac{kr \text{ tang. } \alpha}{\sqrt{\{h^2 - r^2 \text{ tang.}^2 \alpha\}}}$$

e prendendo i logaritmi:

$$\log x = \log k + \log r + \log \text{tang } \alpha - \tfrac{1}{2} \log \{h^2 - r^2 \text{tang.}^2 \alpha\}$$

Questo valore di x trasportato orizzontalmente a destra od a sinistra di B, e pel suo estremo A condotta la O-XII verticale, otterremo le orarie domandate. —

55. Tempo per la determinazione della meridiana. Il tempo più opportuno pel tracciamento della meridiana con questi tre metodi non deve già essere preso a caso, bensì in maniera che minime s'appresentino le circostanze sfavorevoli ad essi inerenti, le quali facilmente potrebbero indurre in errore. Così pel *primo* e *secondo* verrà prescelta la stagione d'inverno e particolarmente intorno al *solstizio invernale (22 Decembre)*, perchè in tal punto l'ombra riesce molto lunga in piano orizzontale, brevissima in quello verticale ed inoltre l'equazione ha un valore pressoche zero. Pel *terzo* all'incontro dovremo operare nella state avanzata vale a dire intorno

al *solstizio estivo* (21 *Giugno*) giacchè in quest' ultima epoca l' ampiezza dell' ombra è la maggiore possibile. —

56. **Linee orarie a tempo vero.** — Tracciata la meridiana con uno dei tre metodi additati, riconosciuta quindi e misurata con diligenza la declinazione della superficie e l'altezza dell'indice, si prosegue alla costruzione grafica delle altre linee orarie a tempo vero.

A questo oggetto per gli orologi da fabbricarsi su cemento si fa scelta di un foglio di carta così detta *da pittori*, d' ampiezza un po' maggiora di quella dall' orologio, usando l' avvertenza, se la carta non raggiunge le dimensioni volute, d'incollare altri fogli sul primo nella maniera la più precisa possibile, senza che risultino, nelle porzioni conglutinate, onde od avvallamenti di sorta, che potrebbero nuocere all' esattezza delle linee che dovransi condurre. —

57. Per quelli da incidersi su lastra di marmo, dopo averne similmente distinta la posizione della meridiana e tenuto nota dell' altezza dello stilo, si leva dal muro ove era provvisoriamente fissata, facendo opportunamente girare la parte mobile dei fermi che la trattenevano, avendo però cura in antecedenza di marcarvi sopra colla matita il contorno loro, affinchè riesca possibile di ripornela con precisione al sito primitivo. Quindi si dispone orizzontalmente al suolo e si procede nelle costruzioni grafiche di cui appresso. —

58. Si dia perciò un occhiata alla *Fig.* 8ª

posta in fine. La prima linea che in essa venne descritta si è la AB, parallela al bordo della carta; poscia la O-XII perpendicolare alla AB da un punto C preso presso a poco nella parte mediana del foglio. Sulla AB a sinistra od a destra della O-XII, a seconda dei casi, si riporta con esattezza la declinazione CB osservata nell'orologio, e normalmente dal punto B la lunghezza BD dello stilo, già conosciuta. Condotta la CD, mediante arco di circolo la si traduce sulla AB da C in A. Quivi si costruisce l'angolo di latitudine del luogo coll'ajuto del quadrante destro del semicerchio (47), ponendone il centro nel punto A ed un lato sulla orizzontale AB. Con ciò risulta determinato il punto O, *centro dell'orologio*, da cui dovranno partire tutte le linee orarie. In appresso uniti O e B con retta si prolunga questa indefinitamente.

Per tracciarla diligentemente, essendo dessa molto importante, si ricorre al principio della simiglianza dei triangoli, numerando sulla O-XII due, tre.... volte la OC, elevando dall' ultimo punto uno normale, ripetendo BC su questa lo stesso numero di volte, ed infine conducendo la retta che unisce O coll' ultimo punto trovato.

Fatto ciò si determina sull' orologio la direzione della *equinoziale HK*, di quella linea cioè che l' ombra dello stilo deve seguire agli *equinozi*, (21 *Marzo*, 23 *Settembre*), con uno dei due metodi seguenti, o elevando da B una perpendicolare ad OM, di lunghezza $BF = BD$, tirando da F

una normale ad OF finchè incontri in L la OM, e da questo punto conducendo una perpendicolare alla stessa OM, oppure innalzando da A una normale ad OA fino ad intersecare in E la meridiana, e da E conducendo una perpendicolare ad OM, prolungandola quindi d' ambo i lati.

Nella costruzione di tutte queste normali dovrà servire uno dei due quadranti in cui venne diviso il semicerchio, mentre è difficile che le comuni squadre di legno sieno tirate perfettamente ad angolo retto.

Condotta l' equinoziale si centra col compasso in E e con raggio eguale ad EA, si taglia la OM in M. Si giunge altrimenti al medesimo risultato facendo LM eguale ad LF.

Determinato il punto M, si pone in questo il centro del quadrante destro, uno dei suoi lati in coincidenza colla ME ed attraverso la carta trasparente (49) si vanno segnando mediante spilla d' acciajo, sulla equinoziale HK, le intersezioni fra le linee condotte ai ventiquattro punti in cui è diviso a la stessa HK, facendo uso in in ogni caso per quelli cui non giunge il quadrante, di una stecca o meglio di un filo teso nella direzione delle rette che li congiunge col centro M.

Ottenuto questo da una parte della ME, si ripete similmente dall' altra, rovesciando opportunemente il quadrante intorno alla stessa ME.

In seguito dai punti così marcati sulla HK, preso O come lor centro comune, si conducono tante rette.

Ciascun spazio interchiuso tra due qualunque di questa rappresenta un quarto d'ora di tempo; così ad ogni quattro spazi a destra, a sinistra ed a cominciare da *E*, si segna l'ora corrispondente, nella guisa espressa dalla Tavola.

Fin d'ora poi possiamo notare, come tutta indistintamente le linee dell'anzidetta Tavola contraddistinte con traccia leggiera, perchè semplicemente linee sussidiarie di costruzione, dopo praticate le descrizioni grafiche di cui si parlerà in appresso, andranno intieramente cancellata.—

CAPITOLO TERZO

TRACCIAMENTO DELL'OROLOGIO SOLARE A TEMPO MEDIO E METODO LOGARITMICO-GRAFICO

59. Abbiamo sin qui descritto l'orologio solare a tempo vero. Ne rimane ora di segnare quelle curve speciali che dicemmo chiamarsi *lemniscate*, il cui ufficio si è quello di segnare il tempo medio.

Anzitutto conviene avvertire che nella loro costruzione richiedesi somma diligenza e minuziosa cura, affinchè riescano delineate a dovere.—

60. **Parabole d'ombra.** S'incomincia pertanto a marcare sulla carta alcune linee, dette in geometria *parabole*, le quali oltrecchè prestarsi alla pratica descrizione di dette curve, serviranno pur anco a designare sull'orologio il cammino dell'ombra in determinata epoche dell'anno

A questo effetto si ricorre al quadrante sinistro del semicerchio, ed all'angolo d'obbliquità dell'ecclittica ivi ricavato (47).

Potremo valerci innoltre dei seguenti metodi

61. **Metodo primo.** Dal punto *B*, *[Fig. 8ª]* si conduce la *BR*, perpendicolare ad una qualunque delle linee condotte da *O*, per esempio a quella delle ore *XI*. Tradotta la *BS* sulla *BA* da *B* in *T*, si prenda l'ipotenusa *TD* e la si porta da *S* in *R*. Si pone il vertice dell'angolo d'obbliquità doppia dell'ecclittica in *R*, la linea che lo dimezza sulla *RU*, ed operando con una spilla e per mezzo del quadrante trasparente alla guisa stessa che addietro (58), si marcano successivamente sulla *O-XI*, dall'alto al basso, i punti di contatto tra le linee dei vari angoli in esso ricavati, nell'ordine in cui si succedono, e l'oraria stessa *O-XI*. Nell'identico modo si procede per tutte le orarie delle mezz'ore, oppure, se l'orologio è di notevole ampiezza e si richieda la massima diligenza, per tutta quelle dei quarti d'ora, e per l'insieme dei punti così ottenuti fatte passare tante rette, il loro aggregato rappresenterà le curve richieste. —

62. Qui cade in acconcio di fare un'importante osservazione. Considerando attentamente le posizioni effettive dei varii punti *R*,*A*,*z*.... che colle costruzioni antecedenti si vengono successivamente ad ottenere, in corrispondenza a ciascuna oraria, agevolmente potremo verificare esser essi situati tutt'insieme sulla circonferenza *RAzF* del carchio descritto con cantro *O* e raggio *OA*,

Vedremo innoltre come le rette che congiungono questi punti colle intersezioni *U,E,V....* delle stesse orarie sulla equinoziale, oltrecchè riuscire tangenti al cerchio, formano coi raggi *OR, OA, Oz....* gli angoli *ORU, OAE, OzV....* i quali sono tutti retti. Da ciò ha origine il *secondo metodo*, che per essere una semplificazione del precedente, si presta molto bene, con esattezza a facilità, alla costruzione delle curve d'ombra. —

63. **Metodo secondo.** Presa col compasso la lunghezza *OA*, la si ripeti con diligenza sulla perpendicolare *PM*, (47) *(Fig. 5ª)* del quadrante sinistro da *P* in *N*. Indi fatto coincidere il punto *N*, così determinato, col centro *O (Fig. 8ª)* dell'orologio, si fissi stabilmente in questi due punti una spilla d'acciajo, così che il quadrante non possa altrimenti muoversi sulla carta senonchè ruotando liberamente attorno al centro *O*. Operando tale movimento in guisa, che la retta dimezzante l'angolo di obbliquità vada successivamente a coincidere con ciascuna intersezione *U,E,V....* delle linee orarie dei quarti d'ora o delle mezz'ore, colla equinoziale, e marcando in esse i punti d'incrocio delle rette costituenti i varii angoli d'obbliquità, nella maniera previamente avvertita, troveremo una serie di punti pei quali passar deggiono le solite curve. —

64 **Metodo terzo.** Evvi d'uopo primieramente di segnare i sopraccennati punti d'intersezione per la *O-XII*, e ciò situando il centro del quadrante sinistro in *A* a la linea dimezzante

l'angolo sulla *AE*. Poscia condotta la *EM*, da ciascuno di detti punti come *A'*, *A"*.... si tirino le *A'M'*, *A"M"*.... e le *H'K'*, *H"K"*.... parallele rispettivamente alla *EM* ed alla equinoziale *HK*. Centrato il compasso in *M'*, *M"*.... con raggio rispettivo *M'A'*, *M"A"*.... si descrivono tanti archi di cerchio. Dai diversi punti quali *a*, *b*, *c*.... *m*, *n*...., presi su questi, abbassate le normali *aa'*, *bb'*, *cc'*.... *mm'*, *nn'*.... alle *H'K'*, *H"K"*.... congiunto *M* con *a*, *b*, *c*.... *m*, *n*.... *L* con *a'*, *b'*, *c'*.... *m'*, *n'*.... e prolungate le rette fino al loro punto d'incontro in *r*, *r'*, *r"*.... *s*, *s'*.... otterremo i punti demandati delle curve. —

65. Il migliore dei metodi sopradescritti è senza alcun dubbio il secondo, come che ottiene lo scopo con maggiore lestezza e quel ch'è più importante colla maggior possibile precisione. Gli altri potranno servire di riprova. —

66. **Lemniscate del tempo medio.** Condotte le parabole si prosegue a dividere ciaschedun spazio corrispondente ai due quarti d'ora di tempo situati l'uno a destra, l'altro a sinistra, delle orarie *propriamente dette*, a cagion d'esempio delle *O-III*, in *quindici* eguali parti, ed una di queste si ripete a destra. Così tirate le rispettive rette a partire da *O* avremo, per ogni oraria principale, *quindici* spazi corrispondenti ai minuti a sinistra e *sedici* a destra.

A coloro cui l'occhio e la mano non fa difetto nella partizione apparente ed aliquota delle rette suggerirei l'espediente di praticare codesta

suddivisione, non già per intiero dall'uno e l'altro lato di detta orarie, ma parzialmente soltanto, cioè ad intervalli di *tre* o *cinque* minuti, (come nella figura in cui i due quarti d'ora contigui alla ora *III* vedonsi suddivisi in *tre* spazi uguali racchiudenti ognuno *cinque* minuti di tempo) riservandosi quindi proseguirla ad occhio sulle parabole ad in detti spazi, di mano in mano che in quelle ed in questi andrà a corrispondere la relativa *equazione del tempo*. Ciò facendo si abbrevia di molto il lavoro e si ottiene lo scopo con pari esattezza.

Siamo ora in grado di tracciare per punti intorno a ciascuna linea delle ore, la corrispondente lemniscata.

Ci varremo perciò del quadro seguente che mostra l'equazione del tempo relativa alle epoche in cui l'estremo d'ombra dallo stilo cade a segua le parabole pur mo descritte.

Porzioni delle curve a sinistra della linea oraria retta					Porzioni delle curve a destra della linea oraria retta				
Declinazione del sole	Epoche	Equazione esatta	Equazione appross.	Curva	Declinazione del sole	Epoche	Equazione esatta	Equazione appross.	Curva
					23° 28'	22 Dicembre	0' 57"	1'	1
21° 42'	12 Gennajo	8' 59"	9'	2					
19 56	21 »	11 47	12	3					
16 50	2 Febbrajo	14 7	14	4					
13 43	12 »	14 34	15	5					
10 37	21 »	13 53	14	6					
7 5	3 Marzo	12 9	12	7					
3 32	12 »	9 54	10	8					
0 0	21 »	7 16	7	9					
3 3	29 »	4 48	5	10					
6 6	5 Aprile	2 40	3	11					
9 9	14 »	0 17	1/4	12					
					12 00	22 Aprile	1 37	2	13
					14 46	1 Maggio	3 5	3	14
					17 33	10 »	3 49	4	15
					20 20	22 »	3 38	4	16
					21 54	31 »	2 39	3	17
23 28	21 Giugno	1 24	1	18					
21 54	13 Luglio	5 23	5	17					
20 20	22 »	6 5	6	16					
17 33	3 Agosto	5 48	6	15					
14 46	13 »	4 33	5	14					
12 00	22 »	2 36	3	13					
9 9	30 »	0 17	1/4	12					
					6 6	7 Settembre	2 15	2	11
					3 3	16 »	5 9	5	10
					0 0	23 »	7 46	8	9
					3 32	3 Ottobre	10 53	11	8
					7 5	12 »	13 32	14	7
					10 37	21 »	15 20	15	6
					13 43	30 »	16 13	16	5
					16 50	9 Novembre	15 59	16	4
					19 56	21 »	13 51	14	3
					21 42	1 Decembre	10 36	11	2
					23 28	22 »	0 57	1	1

Col sussidio di questa tavola, per tracciare una qualunque delle lemniscate espresse nelle

figura, per esempio quelle delle ore *III*, basta notare a destra od a sinistra della *O-III*, sulle parabole d'ombra e sulle linee già condotte dei minuti, o su quelle che ad occhio s'immaginano di condurre entro gli spazî dianzi segnati, l'equazione del tempo che corrisponde alla curva di cui si tratta, e quindi far passare per l'insieme dei punti così ottenuti una linea continua.

In questa guisa vennero descritte tutte le lemniscate della figura, corrispondenti a ciascuna linea delle ore. Con identico modo si potrebbero pur anco ottenere quelle relative alle mezz'ore.... ma poichè in qualche punto intralciandosi scambievolmente ingenererebbero confusione di linee, si tralasciano, mantenendo solo per esse le rette del tempo vero. —

67. **Metodo logaritmico-grafico.** Alla descrizione dell'orologio solare, poc' anzi compiuta, abbiamo fatto unicamente servire la stecca ed il compasso comechè più adatti alla generalità delle persone che posseggono soltanto una leggiera tinta delle costruzioni geometriche le più comuni, e l'orologio che ne abbiam ottenuto, purchè queste eseguite a dovere, potrà anco offrire indicazioni d'una certa giustezza.

A raggiungere però risultati di lunga mano più precisi, serve ottimamente il metodo *logaritmico e grafico* insieme, già fatto presentire in principio e che ora esporremo.

Questo metodo in ultima analisi venne dedotto portando le nostre investigazioni sulle relazioni tri-

gonometriche esistenti fra le varie linee di costruzione dell'orologio, ridotte poi a semplici formole espresse in logaritmi.

Dette perciò α la latitudine del luogo tali formule si ridurrebbero alle seguenti (*Fig. 8ª*):

$$AC = \sqrt{(CB^2 + BD^2)}$$
$$\log.\ (OC) = \log.\ (AC) + \log.\ \text{tang.}\ \alpha$$
$$OA = \sqrt{(OC^2 + AC^2)}$$
$$\log.\ (CE) = \log.\ (AC) + \log.\ \text{tang.}\ (90^\circ - \alpha)\ \text{oppure}$$
$$\log.\ (CE) = 2\ \log.\ (AC) - \log\ (OC)$$
$$\log.\ (C\text{-}XII) = \log.\ (AC) + \log.\ \text{tang.}\ (66^\circ\ 32' - \alpha)$$
$$\log.\ (C\text{-}XII) = \log.\ (AC) + \log.\ \text{tang.}\ (113^\circ\ 28' - \alpha)$$
$$OB = \sqrt{(CB^2 + OC^2)}$$
$$\log.\ (BL) = 2\ \log.\ (BD) - \log.\ (OB)$$
$$LM = \sqrt{(BD^2 + BL^2)}$$
$$\log.\ (EL) = \log.\ (CB) + \log.\ (OB + BL) - \log.\ (OC)$$
$$\log.\ \text{tang}\ (EML) = \log.\ \text{tang.}\ \beta = \log.\ (EL) - \log.\ (LM)$$

68. Noto l'angolo $EML = \beta$, potremo ben facilmente determinare sulle equinoziale *HK* i varii punti per cui e per *O* devono essere condotte tutte le linee del tempo vero (58) e partire da *E* da uno e dall'altro lato della *O-XII*. Per le porzione a sinistra di questa linea, ove non cade la declinazione delle superficie, basterà infatti aggiungere successivamente all'angolo β la quantità costante $90°{:}24 = 3°{\cdot}45'$, valore angolare di un quarto d'ora di tempo, e per le porzione a destra, vale a dire per quella in cui ha luogo la declinazione del muro, in prima detrarremo successivamente quel valore fino a ridurre β minimo e di seguito, tenuto conto del residuo fra la somma progressiva di esso e lo stesso β, proseguiremo ag-

giungendolo similmente a detto residuo, facendo uso in ogni caso, pei successivi angoli che se ne verranno ad ottenere, di una formula generale che per un punto V distante dodici quarti d'ora da O-XII, puossi esprimere con:

$$\log.(LV) = \log.(LM) + \log.\ \text{tang}.(3^{\circ}\,45' \times 12 - \beta)$$

I valori risultanti dalla formola, trasportati accuratamente mediante metro campionato diviso in centimetri e millimetri sulla equinoziale HK, a partire dal punto L della OM, e fatto poscia passare per questi punti e per O tante rette, queste saranno le linee del tempo vero che con mezzo semplicemente grafico abbiamo in addietro (58) trovate.

Quindi praticata la suddivisione dei quarti d'ora in *quindici, cinque o tre* minuti di tempo, come si è detto, si procede coll'angolo di doppia obbliquità dell'eclittica e coi valori dell'equazione del tempo a segnare per punti le lemniscate, in guisa stessa che venne mostrato nei paragrafi antecedenti. —

69. **Esempio di applicazione.** Abbenchè il metodo di cui per ora abbiam tenuto parola, non presenti in sè stesso alcuna difficoltà di pratica attuazione, stantechè oltr'essere di generale soluzione non fa che ridursi puramente ad una manualità di calcolazioni fatte con tutto agio a tavolino, pure affinchè non cada alcuna dubbiezza sull'ordine ed il modo con cui esso procede, nè sullo sviluppo pratico del calcolo, lo applicheremo alla ricerca dei valori trigonometrici competenti alla *Fig.* 8ª della tavola posta in fine.

Così facendo potremo avere anco una riprova dell'esattezza del metodo stesso.

Supporremo adunque essere quella la copia fedele

di un orologio solare già costrutto nelle scale di 1 e 10, epperò misurando esattamente BD e BC vale e dire l'altezza dello stilo e la declinazione del muro, troveremo $BD = 56.6$ centimetri, e $BC = 11.8$ centimetri, la latitudine del paese essendo di $45° \ 40' = \alpha$.

Ciò stabilito applicando questi valori alle formole antecedentemente esposte troveremo:

$$AC = \sqrt{(11.8^2 + 56.6^2)} = \sqrt{(3342,80)} = 57.82 \text{ cent.}$$

$$\begin{aligned} \log. \, (OC) &= \log. \, 57.82 + \log. \, \text{teng.} \, (45° \, 40') \\ &= 1.7620781 + 10.0101074 - (10) \\ &= 1.7721855 \text{ nnm. corrispondente:} \end{aligned}$$

$$OC = 59.18 \text{ cent.}$$

$$OA = \sqrt{(59.18^2 + 57.82^2)} = \sqrt{(6845.42)} = 82.74 \text{ c}$$

$$\begin{aligned} \log. \, (CE) &= \log. \, 57.82 + \log. \, \text{tang.} \, (90° - 45° \, 40') \\ &= 1.7620781 + 9.9898926 - (10) \\ &= 1.7519707 \end{aligned}$$

$$CE = 56.49 \text{ cent.}$$

$$\begin{aligned} \log. \, (C\text{-}XII) &= \log. 57.82 + \log \text{ tang.} \, (66°32' - 45°40') \\ &= 1.7620781 + 9.5811488 - (10) \\ &= 1.3432269 \end{aligned}$$

$$C\text{-}XII = 22.04 \text{ cent.}$$

$$\begin{aligned} \log. \, (C\text{-}XII) &= \log. 57.82 + \log. \text{teng.} \, (113°28' - 45°40') \\ &= 1.7620781 + 10.3892414 - (10) \\ &= 2.1513195 \end{aligned}$$

$$C\text{-}XII = 141.66 \text{ cent.}$$

$$OB = \sqrt{(11.8^2 + 59.18^2)} = \sqrt{(3641.51)} = 60.34 \text{ c.}$$

$$\begin{aligned} \log. \, (BL) &= 2 \log. \, 56.6 - \log. \, 60.34 \\ &= 3.5056328 - 1.7806053 = 1.7250275 \end{aligned}$$

$$BL = 53.09 \text{ cent.}$$

$$LM = \sqrt{(56.6^2 + 53.09^2)} = \sqrt{(6022.10)} = 77.60 \text{ cent.}$$

$$\log.(EL) = \log. 11.8 + \log.(60.34 + 53.09) - \log. 59.18$$
$$= 1.0718820 + 2.0547279 - 1.7721750$$
$$= 1.3544349$$
$$EL = a_5 = 22.62 \text{ cent.}$$

$$\log. \text{tang. } \beta = \log. 22.62 - \log. 77.60$$
$$= 1.3544926 - 1.8898617 + (10)$$
$$= 9.4646309$$
$$\beta = 16° \; 15'$$

Ora per assegnare sulla equinoziale *HK* i punti di passaggio della varie linee orarie dei quarti d'ora di tempo a partire da *E*, distanti delle quantità $a_1 - a_2 - a_3 \ldots$ a sinistra $b_1 - b_2 - b_3 \ldots$ a destra del punto *L* della *OM*, basterà risolvere le seguenti equazioni, e cioè:

1° Per la porzione a sinistra della *0-XII*, ove non cada la declinazione del muro:

1° Quarto d'ora

$$\log. a_6 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16° 15' + 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.5610659 - (10)$$
$$= 1.4509276$$
$$a_6 = 28.24 \text{ cent.}$$

2° Quarto d'ora

$$\log. a_7 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16°.15' + 2 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.6434631 - (10)$$
$$= 1.5333248$$
$$a_7 = 34.15 \text{ cent.}$$

3° Quarto d'ora

$$\log. a_8 = \log. 77.60 + \log. \tan. (16°.15' + 3 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.7164767 - (10)$$
$$= 1.6063384$$
$$a_8 = 40.40 \text{ cent.}$$

4ª Oraria *(ore XI)*

$$\log. a_9 = \log. 77.60 + \log. \tan (16°.15' + 4 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.7830562 - (10)$$
$$= 1.6729179$$
$$a_9 = 47.09 \text{ cent.}$$

1° Quarto d'ora

$$\log. a_{10} = \log. 77.60 + \log. \tan. (16°.15' + 5 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.8452268 - (10)$$
$$= 1.7350885$$
$$a_{10} = 54.33 \text{ cent.}$$

Proseguendo a calcolare nell'identica maniera le successive distanze dal punto L troveremo:

$a_{11} = 62.28$, $a_{12} = 71.11$, a_{13} *(ore X)* $= 81.06$, $a_{14} = 92.48$, $a_{15} = 105.83$, $a_{16} = 121.80$, a_{17} *(ore IX)* $= 141.44$, $a_{18} = 166.41$, $a_{19} = 199.55$, $a_{20} = 246.10$, a_{21} *(ore VIII)* $= 317.12$, $a_{22} = 440.10$, ecc.

2° Per la porzione compresa tra la meridiana e la linea OM di declinazione dal muro:

1° Quarto d'ora

$$\log. a_4 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16°.15' - 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.3457552 - (10)$$
$$= 1.2356169$$
$$a_4 = 17.20 \text{ cent.}$$

2° Quarto d'ora

$$\log. a_3 = \log. 77{,}60 + \log. \text{tang.} (16°.15' - 2 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.1872802 - (10)$$
$$= 1.0771419$$
$$a_3 = 11.94 \text{ cent.}$$

3° Quarto d'ora

$$\log. a_2 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16°.15' - 3 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 8.9419518 - (10)$$
$$= 0.8318135$$
$$a_2 = 6.79 \text{ cent.}$$

1ª Oraria (*ore I.*)

$$\log. a_1 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16°.15' - 4 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 8.3388563 - (10)$$
$$= 0.2287180$$
$$a_1 = 1.69 \text{ cent.}$$

1° Quarto d'ora

$$\log. a = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (16°.15' - 5 \times 3°.45')$$
$$= \log. 77.60 + \log. (16°.15' - 18°.45')$$

L'impossibilità di eseguire aritmeticamente la sottrazione accennata nel secondo termine dell'equazione superiore, indica che l'ultima oraria ha oltre-

passata la retta OM di declinazione e si trova dall'altra parte di questa linea.

Perciò eseguita algebraicamente detta operazione e cangiato il segno al residuo si prosegue a calcolare la distanza $b_1\ b_2\ b_3\ \ldots$ in modo del tutto analogo al preindicato e cioè:

3° Per la porzione a destra della OM:

1° Quarto d'ora

$$\log.\ a = \log.\ b_1 = \log.\ 77.60 + \log.\ \text{tang.}\ (2°.30')$$
$$= 1,8898617 + 3.6400931 - (10)$$
$$= 0.5299548$$
$$b_1 = 3.39 \text{ cent.}$$

2° Quarto d'ora

$$\log.\ b_2 = \log.\ 77.60 + \log.\ \text{tang.}\ (2°.30' + 3°\ 45')$$
$$= 1.8898617 + 9.0394848 - (10)$$
$$= 0.9293465$$
$$b_2 = 8.50 \text{ cent.}$$

3° Quarto d'ora

$$\log.\ b_3 = \log.\ 77.60 + \log.\text{tang.}\ (2°.30' + 2 \times 3°.45')$$
$$= 1.\ 8898617 + 9.2463188 - (10)$$
$$= 1.1361805$$
$$b_3\ 13\ 68 \text{ cent.}$$

1ª Oraria (*ore II*)

$$\log.\ b_4 = \log.\ 77.60 + \log.\ \text{tang.}\ (2°.30' + 3 \times 3°.45')$$
$$= \log.\ 1.8898617 + 9.3886312 - (10)$$
$$= 1.2784929$$
$$b_4 = 18.99 \text{ cent.}$$

1° Quarto d'ora

$$\log. b_5 = \log. 77.60 + \log. \text{tang.} (2° 30' + 4 \times 3°.45')$$
$$= 1.8898617 + 9.4987223 - (10)$$
$$= 1.3885840$$
$$b_5 = 24.47 \text{ cent.}$$

e proseguendo analogamente otterremo altresì:

$b_6 = 30.17$, $b_7 = 36.19$, b_8 (*ore III*) $= 42.57$, $b_9 = 49.44$, $b_{10} = 56.90$, $b_{11} = 65.11$, b_{12} (*ore IV*) $= 74.29$, $b_{13} = 84.68$, $b_{14} = 96.69$, $b_{15} = 110.84$, b_{16} (*ore V*) $= 127.90$, $b_{17} = 149.10$, $b_{18} = 176.36$, $b_{19} = 213.20$, b_{20} (*ore VI*) $= 266.21$, $b_{21} = 350.33$, occ. —

70. **Angoli orari.** Prima di chiudere questo capitolo torna opportuno di fare un' osservazione.

Considerando i valori soprascalcolati delle distanze $a_1, a_2, a_3 \ldots. b_1, b_2, b_3 \ldots.$ potremo agevolmente riconoscere come la legge degli incrementi successivi di dette distanze, segua una rapida progressione di aumento, e tanto maggiore quanto più le linee orarie vanno allontanandosi dalla *OM*.

Ciò vuol dire che giungerà un certo punto in cui dette distanze oltrecchè cadere fuori del perimetro della carta, presenteranno eziandio un valore ragguardevole anche di parecchi metri e quindi malagevole e poco esatto sarebbe l'operare col metodo ordinario.

Egli è perciò che, ad ovviare tale inconveniente, in cambio di valersi delle formole suesposte per calcolare sulla equinoziale prolungata i punti di passaggio delle linee orarie *estreme*, potremo far ricerca di altra

espressione che determini il valore degli *angoli orari* che esse far deggiono colla retta *OM*. In tal caso la formola opportuna all'uopo sarebbe della forma seguente:

$$\log.\ \text{tang.}\ \gamma = \log.\ (LM) - \log.\ (OB + BL) + \\ + \log.\ \text{tang.}\ (3^\circ.45' \times n \mp \beta)$$

in cui γ è l'angolo che si ricerca, ed n un coefficiente variabile che denota il numero dei quarti d'ora a partire da *O-XII* fino e compreso quello della linea oraria a cui compete l'angolo γ.

All'angolo β già cognito abbiamo premesso nell'ultimo termine i due segni — e +, giacchè il primo vale pegli angoli situati dalla parte stessa della declinazione del muro e nel caso nostro a destra, il secondo dalla parte opposta vale a dire a sinistra.

Per offrire un esempio che spieghi meglio l'applicazione di quella formola, supponiamo di voler calcolare i due angoli *L-O-VIII* ed *L-O-VI* corrispondenti alle ore *VIII* ant. e *VI* pomeridiane.

Ricorrendo alla citata formola, per la prima oraria avremo:

$$\log.\ \text{tang.}\ \gamma_1 = \log.\ 77.60 - \log.\ (60.34 + 53.09) + \\ + \log.\ \text{tang.}\ (3^\circ 45' \times 16 + 16^\circ.15') \\ = 1.8898817 - 2.0547279 + 10.6113688 \\ = 10.4465026$$

$$\gamma_1 = 70^\circ.19'$$

e per la seconda:

$$\log.\ \text{tang.}\ \gamma_2 = \log.\ 77.60 - \log.\ (113.43) + \\ + \log.\ \text{tang.}\ (3^\circ.45' \times 24 - 16^\circ.15') \\ = 10.5354010 - 0.1648662 = 10.3705348$$

$$\gamma_2 = 66^\circ.56'$$

Conosciuti questi valori mediante il quadrante destro del semicerchio disposto col centro in *O* ed un lato sulla *OM*, valendoci del metodo di cui al § 47, od altrimenti coll'uso del *riportatore*, potremo agevolmente segnare i punti degli angoli pei quali passar dovranno le linee orarie richieste. —

CAPITOLO QUARTO

OPERAZIONI COMPLETIVE

71. Approntato il nostro orologio ne rimane ora a collocarlo nel muro al posto che gli compete. — Le operazioni che a ciò conducono sono però differenti a seconda che si tratta di orologio segnato sulla carta, oppure direttamente sulla pietra. —

72. **Orologio in pietra.** Per quest' ultimo penserà lo scalpellino. Egli dovrà incidere la lastra con traccia uguale, fina e seguente lungo tutte linee che costituiscono veramente l'orologio, quelle cioè contrassegnate nella *Fig.* 8ª con maggiore grossezza, non dimenticando nè le parole, nè i numeri od i segni, che vi furono posti a maggiore illustrazione. Affinchè il complesso appaja marcato e distinto andrà riempiendo le incisioni di vernice ad olio, nera o rossa, è poichè gli riuscirà impossibile di ottenere l'intento senza imbrattare le parti circostanti, dopo asciuttata curerà di levarne le porzioni superflue,

soffregandole leggermente con pietra pomice ed acqua.

Importerà innoltre che la pietra abbia ad esser situata nel muro nella maniera la più precisa possibile. All' uopo serviranno, quali punti di riferimento, i fermi che vi abbiam posti all'ingiro, facendoli perfettamente coincidere col loro contorno, previamente segnato sulla pietra (35). Nè ciò basterà. Ad assicurar viemmeglio l'esito della prova ricorreremo al piombino, ad una stecca, o meglio all' osservazione dell' ombra dell' indice o del punto illuminato del gnomone, ripetendo a più riprese le esperienze di cui al § 51 e seguenti, osservando se al mezzodì vero l'estremo d'ombra va a cadere precisamente sulla meridiana già marcata In quest'ultima prova avremo un sicuro indizio di operazione ben fatta.

Per fissare la lastra solidamente nel muro si stuccheranno accuratamente le fessure o vani che rimangono all' ingiro, adoperando all'uopo il gesso, la calce e pezzi di materiale laterizio leggermente intromessi nell' impasto a guisa di tanti cunei. Se le dimensioni di detta lastra sono notevoli, e d' altronde si abbia a temere che coll'andar del tempo inclini superiormente all' innanzi, la si trattenga con opportuni ritegni in ferro disposti ai lati e saldati, non già a forza di martello chè lo scuotimento del muro potrebbe ingenerare cangiamenti viziosi nella posizione della pietra, sibbene adoperando il gesso da presa e praticando i fori anteriormente alla posizione a sito della pietra stessa.

Parimenti dovendosi asportare i vecchi fermi in ferro resi ora inutili, se ne leveranno le porzioni esterne a forza di lima. —

73. **Orologio in cemento.** Per quanto concerne l'orologio in cemento le operazioni completive si presentano non meno complesse.

La carta verrà bucata con una spilla, del diametro di un millimetro circa, tutto lungo le linee dell'orologio, così che le distanze fra uno e l'altro forellino non oltrepassi il mezzo centimetro, poi, nel sito in cui la carta stessa verrà infilzata dall'indice, si formi una fessura che ne rappresenti esattamente la sezione alla linea del muro. Ciò fatto su questo stesso muro si fa compiere l'ultimo stratarello di malta (34), avvertendo che dopo disteso a perfezione nella maniera altrove additata, le liste vecchie laterali di cemento e la centrale che servirono quali guide nell'applicarlo a dovere, verranno scrostate e rimesse identicamente con materiale nuovo.

Se si tratta di orologio a *gnomone*, per distinguere in appresso sulla superficie la posizione del piede d'altezza (42), tornerà opportuno di configgere in tal punto una picciola bollettina in metallo, che a lavoro compiuto verrà estratta.

In proseguo presa la carta dell'orologio e fatta infilzare dall'indice, si dispone sul piano nella giusta posizione voluta, vale a dire in modo che il punto *B* della *Fig.* 8ª andando a coincidere col piede d'altezza dello stilo, la linea *O-XII* risulti perfettamente verticale. Così di-

stesa e fissata al muro con chiodetti, mediante un piumacciuolo riempiuto di carbone dolce pesto finamente, si va alternativamente soffregando e battendo lungo le due parabole, estrema superiore ed estrema inferiore, così da distaccarne un minuto polviglio il cui effetto, oltrepassato che abbia i forellini della carta, sarà di lasciare inferiormente una traccia visibile delle curve.

Rimosso di poi il foglio dal piano, si stendono due *campi* di colore, ordinariamente l'uno *bleu* esternamente a quelle curve, l'altro *giallo-rancio* internamente, nello spazio da esse compreso. Rimessa quindi la carta con precisione al posto primitivo si riprende l'operazione del piumacciuolo questa volta lungo tutte le linee dell'orologio, ed ottenutone il disegno si dà compimento colla coloritura.

Generalmente questa viene praticata in *verde* per le rette del tempo vero e l'equinoziale, in *rosso* per le lemniscate, le parabole d'ombra e per tutte le indicazioni, parole e segni convenzionali, ed in *rosso languido* per lo spazio interchiuso da detto lemniscate.

Prima però d'intraprenderla si badi bene alla qualità dei colori da impiegarsi. Sieno essi di origine minerale non attaccabili dall'azione caustica della calce, chè andranno in questa stemprati, e neppure soggetti ad indebolimenti progressivi sotto l'influenza chimica della luce solare. —

74. **Iscrizione illustrativa.** Dipinto

l'orologio, non può dirsi effettivamente ultimato. Rimarrebbe alla generalità delle persone quasi del tutto inservibile, qualora non avessimo la cura d'indicare il modo col quale dovremo servircene. A ciò dovrà prestarsi un' *iscrizione illustrativa* che vi porremo sotto in apposito riquadro.

A mo' d'esempio affinchè in brevi parole esprima chiaramente il concetto ed anco si adatti all'intelligenza di ognuno potremo concepirla così:

L'INDICE DELL'OROLOGIO SEGNA IL TEMPO VERO SULLE LINEE ORARIE RETTE, IL TEMPO MEDIO SULLE CURVE CORRISPONDENTI.

IL TEMPO MEDIO COINCIDE COL TEMPO VERO IL 24 DECEMBRE - 15 APRILE - 15 GIUGNO E 31 AGOSTO.

DAL 24 DEC. AL 15 APR. E DAL 15 GIU. AL 31 AGOSTO, IL TEMPO MEDIO ANTICIPA SUL TEMPO VERO E L'ESTREMO D'OMBRA SI RINTRACCIERÀ NELLE PORZIONI SINISTRE DELLE CURVE.

ALL'INCONTRO DAL 15 APR. AL 15 GIU. E DAL 31 AG. AL 24 DECEMBRE, IL TEMPO MEDIO POSTICIPA SUL TEMPO VERO E L'OMBRA SI OSSERVERÀ NELLE PORZIONI DESTRE DI DETTE CURVE.

LE CURVE TRASVERSALI DENOTANO IL CAMMINO DELL'OMBRA NELLE EPOCHE IN CUI IL SOLE COINCIDE COI DIFFERENTI SEGNI DELLO ZODIACO.

I NUMERI SOTTOSCRITTI A DETTE CURVE SEGNANO. A DESTRA - L'ALBA, IL LEVARE DEL SOLE E LA DURATA DEL GIORNO; A SINISTRA - IL CREPUSCOLO, IL TRAMONTARE DEL SOLE E LA DURATA DELLA NOTTE.

Per tal guisa non vi potrà essere dubbiezza o confusione nell'uso dell' orologio. Conosciuta l'epoca dell' anno nella quale cade il giorno dell'osservazione, non avremo a far altro che notare da qual parte, a destra od a sinistra delle lemniscate, deve cadere l'ombra dello stilo affinchè segni giustamente il tempo medio, ed in relazione eseguiremo le nostre osservazioni tutte da quella parte. —

75. **Meridiane celebri.** Siamo giunti con ciò al termine della nostra esposizione sull'orologio a tempo medio. Prima però di prendere definitivo commiato dal benevolo lettore, faremo menzione delle più celebri meridiane semplici costrutte in Italia e fuori.

E nel citarle prima si presenta quella del duomo di Milano col gnomone nella volta che manda lo spettro sul pavimento della Chiesa. Ammirata è pur quella del Bianchini nei Certosini di Roma, alta 12 metri dal suolo, eretta nel principio del secolo scorso; quella di S. Petronio in Bologna dell'altezza di metri 27, costruita fin dal 1575 da Ignazio Danti, riformata poi dal celebre Cassini, l'altra di S. Sulpizio a Parigi, elevata 26 metri, disposta dal Le Monnier nel 1742, e sopratutte sofferma l'attenzione quella di Firenze congegnata da Paolo Toscanelli nel 1467 e rifatta poscia dal padre Ximenes. Il disco metallico che dà passaggio alla luce solare è elevato in quest' ultima metri 86 e cantim. 94 sopra il pavimento dell'edifizio e metri 90 centim. 14 sopra

il *marmo solstiziale* ove si fanno le più esatte osservazioni sull'obbliquità dell'eclittica e sugli apparenti moti del sole.

Desiderio comune e vivamente sentito sarebbe poi quello che ovunque codeste meridiane, oltrecchè diffuse e generalizzate, venissero trasformate in meridiane del tempo medio tracciandovi all'ingiro le corrispondenti lemniscate, e poichè rilevanti ne risulterebbero le dimensioni e quindi notevole la precisione delle indicazioni, non potrebbero non riescire d'importante e generale utilità.

Un tal voto potremo noi vederlo esaudito?.... La domanda si volge in senso di preghiera agli intelligenti reggitori delle Comunità italiane....

INDICE

Parte Prima

Nozioni sul tempo sidereo od astronomico solare e vero, medio o civile

Parte Seconda

Costruzione dell'orologio solare a tempo medio in piano verticale

Capitolo Primo

Cenni storici interno agli orologi solari, nozioni, avvertenze ed operazioni pratiche per la perfetta loro riuscita

Capitolo Secondo

Tracciamento dell'orologio solare a tempo vero

Capitolo Terzo

Tracciamento dell'orologio solare a tempo medio e metodo logaritmico-grafico

Capitolo Quarto

Operazioni complete

ERRATA - CORRIGE

Pag.	lin.	Errata		Corrige
Pag 44	lin. 13	eguale alla latitudine	—	eguale al complemento della latitudine
» 49	» 23	8 - 19	—	9 - 19
» 53	» ult.	ab', ab''''	—	a'b', a''b''
» 62	» 7	riservandosi quindi proseguirla	—	riservandosi quind[i] di proseguirla
» 64	» 2	a destra od a sinistra	—	a destra ed a sinistra



